

TUGAS AKHIR
KS 1701

**PENENTUAN UKURAN DAN SISTEM
PENGAWETAN IKAN BAGI NELAYAN DARI
WILAYAH MALANG SELATAN DITINJAU DARI
ASPEK EKONOMIS**



R550
623.2535
PUS
P-1
2000

DISUSUN OLEH

BETY PUSPITASARI

4296.100.034

**TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

SURABAYA

2000

11 35.000

Tgl.	7/2/01
Tor.	H
No. Angkutan	21.2926

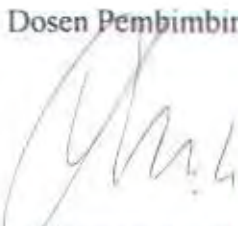
**PENENTUAN UKURAN DAN SISTEM PENGAWETAN IKAN
BAGI KAPAL NELAYAN DARI WILAYAH MALANG
SELATAN DITINJAU DARI ASPEK EKONOMIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Soemartojo, WA
NIP. 130 355 300



Dosen Pembimbing II



Ir. Made Ariana, MT
NIP. 132.133.971

SURABAYA

JULI 2000

ABSTRAK

Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan suatu jenis kapal yang jangkauan operasi kapalnya lebih baik bila dibandingkan kapal yang sudah ada dengan mempertimbangkan tinjauan fishing ground pada wilayah operasi kapal. Dan tersedianya fasilitas pengawetan ikan yang memadai untuk jangka waktu operasi penangkapan ikan yang lebih lama dengan mempergunakan refrigerasi mekanis untuk mendapatkan ikan segar.

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah SWT maka penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir (KS 1701), yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Atas segala kekurangan yang ada dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun dengan senang hati menerima kritikan yang bersifat membangun sehingga dapat menyempurnakannya. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penyusu ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Bapak dan Ibu atas segala kasih sayang dan dukungannya, Tante & Om Endik atas segala supportnya, Mas Afta dan Mbak Rina yang bawel; TF-ku yang selalu mendukung dan memberi semangat.

Dr.Ir.A.A. Masroeri MEng, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS; Ir. H. Soemartojo, WA selaku dosen pembimbing I; Made Ariana ST, MT selaku dosen pembimbing II ; Ir. Indrajaya G. MSc, terima kasih atas surat saktinya; Ir. Alam Baheramsyah, selaku dosen wali; Mbak Tiwuk, yang menemaniku ngobrol (diruang PR III); dosen-dosen penguji diruang B, atas kritikannya yang pedas; Rekan-rekan Angkatan 96; Ika, Fitri & Teman² keputih Utara yang selalu menggodaku; Andi-Barlian dan rekan-rekan 95.

Bapak Kepala Dinas Perikanan Propinsi Jatim; Bapak-Ibu Staff Bagian Perencanaan Dinas Perikanan Propinsi Jatim; Staff Perpustakaan Dinas Perikanan Propinsi Jatim; Bapak Kepala dan Staff Dir-Tek PT. PAL

Bapak Kepala PPI Pondok Dadap-Malang Selatan ; Bapak-Bapak Nelayan Pondok Dadap-Malang Selatan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, Bapak Atmo atas tumpangan kapalnya.

Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini

Semoga Allah SWT membalas kebaikan Anda dengan pahala, rahmat dan kebahagiaan di dunia dan akhirat. Amien.

Surabaya, Juli 2000

Penyusun

Bety Puspitasari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.....	1-1
1.2. Pembatasan Masalah.....	1-4
1.3. Tujuan Tugas Akhir.....	1-4
1.4. Manfaat Tugas Akhir.....	1-4
1.5. Metoda Penulisan.....	1-5
1.6. Sistematika Penulisan.....	1-6

BAB II DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Tentang Ikan Hasil Tangkapan.....	2-1
---	-----

2.2. Kapal Ikan	2-3
2.2.1. Daerah Koloni Penyebaran Kapal Ikan	2-4
2.2.2. Tipe-tipe Kapal Penangkap Ikan	2-5
2.2.3. Karakteristik Bentuk Badan Kapal Ikan.....	2-13
2.2.4. Tipe-tipe Kapal Ikan Tradisional	2-14
2.3. Prinsip Dasar Sistem Refrigerasi.....	2-16
2.3.1. Proses Refrigerasi Sistem Kompresi Uap standar.....	2-18
2.4. Perlengkapan Utama Sistem Refrigrerasi	2-20
2.4.1. Kompresi	2-20
2.4.2. Kondensor.....	2-21
2.4.3. Alat Ekspansi.....	2-22
2.4.4. Evaporator	2-24
2.4.5. Receiver.....	2-24
2.5. Teknik Refrigerasi Dalam Perikanan.....	2-24
2.5.1. Sistem Refrigerasi Mekanik	2-25
2.5.2. Sistem Peng-Es-an Ikan.....	2-28
2.5.3. Sistem Pendingin dengan air Laut dan Es	2-29
2.5.4. Teknik Pendinginan Metoda RSW	2-29
2.5.5. Refrigeran.....	2-32
2.6. Rumus-rumus Perhitungan untuk Pemilihan Kompresor	2-33
2.6.1. Beban Pendinginan Ikan.....	2-33
2.6.2. Beban Pendinginan Air Laut	2-35
2.6.3. Beban panas Transmisi.....	2-35

2.6.4. Beban Udara Infiltrasi	2-36
2.6.5. Beban Panas Matahari	2-37
2.6.6. Beban Pendinginan Total	2-38
2.6.7. Penentuan Daya dan Kapasitas Kompresor Ideal	2-39
2.6.8. Perhitungan Beban Pendinginan dengan Es	2-41
2.7. Biaya Operasi Kapal.....	2-44
2.7.1. Dasar-dasar Perhitungan.....	2-45
2.7.1.1 Biaya Tetap.....	2-46
2.7.1.2. Biaya Berubah	2-48
2.7.2. Faktor Bunga dalam Pengeluaran.....	2-49
2.7.2.1. Rumus-rumus Bunga	2-50
2.7.3. Metoda analisa ekonomi dan Finansial	2-51

BAB III POTENSI IKAN TUNA DI SAMUDERA HINDIA

3.1. Spesies Utama dari Tuna.....	3-1
3.2. Data Umum dari Kelompok Tuna.....	3-22
3.2.1 Tipe dari Kelompok Tuna	3-23
3.2.1.1 Kelompok di Permukaan.....	3-23
3.2.1.2. Kelompok di Kedalaman Air Laut	3-24
3.2.2. Ukuran Ikan Dalam Kelompok yang Berbeda	3-25
3.2.3. Volume dan Distribusi dari setiap Kelompok	3-25

BAB IV DATA-DATA TEKNIS

4.1.	Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 100 GT	4-1
4.2.	Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 60 GT	4-2
4.3.	Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 30 GT	4-3

BAB V PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN

5.1.	Perhitungan Beban Pendinginan Untuk Kapal Ikan Jenis 60 GT	5-1
5.1.1.	Perhitungan Beban Pendinginan	5-1
5.1.1.1	Perhitungan Beban Produk	5-1
5.1.1.2	Perhitungan Beban Infiltrasi	5-3
5.1.1.3	Perhitungan Beban Transmisi	5-4
5.1.1.4	Perhitungan Beban Internal	5-20
5.1.2.	Analisa Perhitungan Kompresi	5-22
5.1.2.1	Penentuan Jenis Refrigeran	5-22
5.1.2.2	Daur Refrigeran	5-24
5.1.2.3	Analisis Kondisi Refrigeran pada Satu Siklus Pendinginan	5-26
5.1.3.	Analisis Perhitungan Kondensor	5-29
5.1.3.1	Jumlah Air Pendingin	5-29
5.1.3.2	Menentukan Dimensi Peralatan	5-30
5.1.4.	Analisis Perhitungan Evaporator	5-33

5.2.	Perhitungan Beban Pendinginan Untuk Kapal Ikan Jenis 30 GT	5-37
5.2.1	Perhitungan Beban Pendinginan	5-37
5.2.1.1	Perhitungan Beban Produk	5-37
5.2.1.2.	Perhitungan Beban Infiltrasi	5-38
5.2.1.3.	Perhitungan Beban Transmisi	5-39
5.2.1.4.	Perhitungan Beban Internal	5-48
5.2.2.	Analisa Perhitungan Kompresi	5-49
5.2.2.1.	Penentuan Jenis Refrigeran	5-49
5.2.2.2.	Daur Refrigeran	5-50
5.2.2.3.	Analisis Kondisi Refrigeran pada Satu Siklus Pendinginan	5-52
5.2.3.	Analisis Perhitungan Kondensor	5-55
5.2.3.1.	Jumlah Air Pendingin	5-55
5.2.3.2.	Menentukan Dimensi Peralatan	5-56
5.2.4.	Analisis Perhitungan Evaporator	5-59
5.3.	Perhitungan Beban Pendinginan Untuk Kapal Ikan Jenis 100 GT	5-63
5.3.1	Perhitungan Beban Pendinginan	5-63
5.3.1.1	Perhitungan Beban Produk	5-63
5.3.1.2.	Perhitungan Beban Infiltrasi	5-65
5.3.1.3.	Perhitungan Beban Transmisi	5-66
5.3.1.4.	Perhitungan Beban Internal	5-71
5.3.2.	Analisa Perhitungan Kompresi	5-72
5.3.2.1.	Penentuan Jenis Refrigeran	5-72
5.3.2.2.	Daur Refrigeran	5-73

5.3.2.3. Analisis Kondisi Refrigeran pada Satu Siklus Pendinginan.....	5-75
5.3.3. Analisis Perhitungan Kondensor	5-78
5.3.3.1. Jumlah Air Pendingin	5-78
5.3.3.2. Menentukan Dimensi Peralatan	5-79
5.3.4. Analisis Perhitungan Evaporator	5-82

BAB VI ANALISA EKONOMI DALAM PERENCANAAN PEMILIHAN KAPAL

6.1. Nilai Uang	6-2
6.1.1. Nilai Waktu dari Uang	6-2
6.1.2. Nilai Saat Ini	6-3
6.1.3. Peranan Suku Bunga	6-3
6.1.4. Mata Uang yang Digunakan	6-3
6.2. Perhitungan Nilai Ekonomis 60 GT	6-4
6.2.1. Perhitungan Berat Muatan	6-4
6.2.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal	6-8
6.2.3. Biaya Investasi	6-8
6.2.4. Penghasilan Operasi	6-9
6.2.5. Biaya Operasi	6-12
6.3. Perhitungan Nilai Ekonomis 30 GT	6-23
6.3.1. Perhitungan Berat Muatan	6-23
6.3.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal	6-27

6.3.3. Biaya Investasi	6-27
6.3.4. Penghasilan Operasi	6-28
6.3.5. Biaya Operasi	6-31
6.4. Perhitungan Nilai Ekonomis 100 GT	6-42
6.4.1. Perhitungan Berat Muatan	6-42
6.4.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal	6-45
6.4.3. Biaya Investasi	6-46
6.4.4. Penghasilan Operasi	6-47
6.4.5. Biaya Operasi	6-49
6.5. Analisa NPV dan B/C	
6.5.1. Analisa Ekonomis terhadap Kapal 30 GT.....	6-61
6.5.2. Analisa Ekonomis terhadap Kapal 60 GT.....	6-63
6.5.3. Analisa Ekonomis terhadap Kapal 100 GT.....	6-65

BAB VII KESIMPULAN	7-1
---------------------------------	------------

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 : Kapal ikan tipe trawler	2- 7
- Gambar 2.2 : Kapal ikan tipe kutter	2- 8
- Gambar 2.3 : Kapal ikan tipe troller	2- 9
- Gambar 2.4 : Kapal ikan tipe seiner	2-10
- Gambar 2.5 : Kapal ikan tipe tuna cliper	2-11
- Gambar 2.6 : Kapal ikan tipe long liner	2-12
- Gambar 2.7 : Diagram aliran daur kompersi uap standar	2-18
- Gambar 2.8 : Diagram tekanan-entalpi daur kompresi uap standar	2-18
- Gambar 2.9 : Kompresor jenis torak	2-21
- Gambar 2.10 : Skematik dari TEV	2-23
- Gambar 2.11 : Diagram siklus	2-26
- Gambar 2.12 : Peralatan dan rangkaian pipa	2-28
- Gambar 2.13 : Cold storage dengan metode RSW	2-32
- Gambar 3.1 : Katsuwonis pelamis	3-2
- Gambar 3.2 : Penyebaran katsuwonis pelamis	3-3
- Gambar 3.3 : Distribusi skipjack dan main fisheries area	3-3

- Gambar 3.4 : Distribusi larva skipjack dan wilayah yg berkonsentrasi besar	3-4
- Gambar 3.5 : Distribusi dari skipjack muda	3-4
- Gambar 3.8 : Ukuran skipjack yang ditangkap di beberapa wilayah samudera hindia	3-5
- Gambar 3.9 : Yellowfin tuna	3-6
- Gambar 3.10 : Distribusi yellowfin tuna	3-7
- Gambar 3.11 : Distribusi larva yellowfin tuna	3-7
- Gambar 3.12 : Yellowfin migration chart	3-8
- Gambar 3.13 : Potensi sumber daya Thunnus Albacares, berdasarkan wilayah pengelolaan	3-9
- Gambar 3.14 : Bigeye	3-10
- Gambar 3.15 : Distribusi larva bigeye	3-11
- Gambar 3.16 : Yellowfin dan bigeye feeding history chart berdasarkan kedalaman	3-11
- Gambar 3.17 : Ukuran bulanan dari bigeye ditangkap dengan menggunakan metoda pole-and-line	3-12
- Gambar 3.18 : Potensi sumberdaya ikan Thunnus Obesus berdasarkan wilayah pengelolaan	3-12
- Gambar 3.19 : Albacore	3-13

- Gambar 3.20 : Potensi sumber daya ikan thunnus alalunga berdasarkan wilayah pengelolaan	3-14
- Gambar 3.21 : Seasonal distribution of albacore larva	3-15
- Gambar 3.22 : Southern bluefin tuna	3-15
- Gambar 3.23 : Wilayah bertelur dan rute migrasi dari bluefin	3-16
- Gambar 3.24 : Potensi sumber daya ikan thunnus maacoyii, berdasarkan wilayah pengelolaan	3-17
- Gambar 3.25 : Distribution dari larva bluefin	3-18
- Gambar 3.26 : Eastern little tuna.....	3-18
- Gambar 3.27 : Distribution dari eastern little tuna.....	3-19
- Gambar 3.28 : Distribution dari larva eastern little tuna.....	3-19
- Gambar 3.29 : Frigate tuna	3-20
- Gambar 3.30 : Distribusi frigate tuna	3-21
- Gambar 3.31 : Distribusi dari larva frigate tuna.....	3-21
- Gambar 3.32 : Longtail tuna	3-22
- Gambar 3.33 : Peta kelompok ikan tuna	3-26
- Gambar 5.1 : Penampang struktur dinding di atas Lwl	5- 4
- Gambar 5.2 : Penampang struktur atap	5- 8
- Gambar 5.3 : Penampang struktur dinding di bawah Lwl	5-12
- Gambar 5.4 : Penampang struktur alas.....	5-16

- Gambar 5.5 : Skema sistem refrigerasi kompresi vaporisasi untuk kapal
60 GT..... 5-24
- Gambar 5.6 : Siklus refrigerasi pada sistem kompresi vaporisasi untuk kapal
60 GT..... 5-25
- Gambar 5.7 : Skema sistem refrigerasi kompresi vaporisasi untuk kapal
30 GT..... 5-50
- Gambar 5.8 : Siklus refrigerasi pada sistem kompresi vaporisasi untuk kapal
30 GT..... 5-51
- Gambar 5.9 : Skema sistem refrigerasi kompresi vaporisasi untuk kapal
100 GT..... 5-73
- Gambar 5.10 : Siklus refrigerasi pada sistem kompresi vaporisasi untuk kapal
100GT..... 5-74

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 : Nilai kesegaran ikan berdasarkan lama waktu penyimpanan	2- 2
- Tabel 2.2 : Nilai torry untuk ika berdasarkan penampilan visualnya.....	2- 3
- Tabel 3.1 : Rata-rata pertumbuhan yellowfin.....	3- 5
- Tabel 3.2 : Hubungan panjang - umur dari eastern little tuna di samudera hindia	3-20
- Tabel 3.3 : Tiga tipe kelompok ikan yang berenang di kedalaman.....	3-25
- Tabel 5.1 : Nama bagian struktur dinding di atas Lwl untuk kapal 60 GT	5- 5
- Tabel 5.2 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di atas Lwl untuk kapal 60 GT	5- 6
- Tabel 5.3 : Nama bagian struktur dinding di atap untuk kapal 60 GT	5- 9
- Tabel 5.4 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk atap untuk kapal 60 GT.....	5-10
- Tabel 5.5 : Nama bagian struktur dinding di bawah Lwl untuk kapal 60 GT..	5-12
- Tabel 5.6 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di bawah Lwl untuk kapal 60 GT	5-15
- Tabel 5.7 : Nama bagian struktur alas untuk kapal 60 GT.....	5-16
- Tabel 5.8 : Perhitungan koefisien perpindahan panas alas untuk kapal 60 GT.....	5-19

- Tabel 5.9 : Beban pendinginan untuk kapal 60 GT.....	5-21
- Tabel 5.10 : Nama bagian struktur atas untuk kapal 30 GT.....	5-40
- Tabel 5.11 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di atas Lwl untuk kapal 30 GT	5-42
- Tabel 5.12 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di bawah Lwl untuk kapal 30 GT	5-45
- Tabel 5.13 : Perhitungan koefisien perpindahan panas alas untuk kapal 30 GT	5-47
- Tabel 5.14 : Beban pendinginan untuk kapal 30 GT	5-49
- Tabel 5.15 : Perhitungan koefisien perpindahan panas atas untuk kapal 30 GT	5-66
- Tabel 5.16 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di atas Lwl untuk kapal 100 GT	5-68
- Tabel 5.17 : Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di bawah Lwl untuk kapal 100 GT.....	5-70
- Tabel 5.18 : Beban pendinginan untuk kapal 100 GT	5-72
- Tabel 6.1 : Rangkuman Hasil Analisa Ekonomis untuk Kapal 60 GT	6-23
- Tabel 6.2 : Rangkuman Hasil Analisa Ekonomis untuk Kapal 30 GT.....	6-42
- Tabel 6.3 : Rangkuman Hasil Analisa Ekonomis untuk Kapal 100 GT.....	6-60
- Tabel 6.4 : Analisa NPV Kapal 30 GT Berpendingin Es	6-61
- Tabel 6.5 : Analisa NPV Kapal 30 GT Berpendingin RSW.....	6-62
- Tabel 6.6 : Analisa NPV Kapal 60 GT Berpendingin Es	6-63

-	Tabel 6.7	: Analisa NPV Kapal 60 GT Berpendingin RSW.....	6-64
-	Tabel 6.8	: Analisa NPV Kapal 100 GT Berpendingin Es	6-65
-	Tabel 6.9	: Analisa NPV Kapal 100 GT Berpendingin RSW.....	6-66



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia mempunyai garis pantai terpanjang didunia, dan mempunyai potensi kelautan yang melimpah. Seperti yang terdapat pada daerah pantai Malang Selatan. Diketahui bahwa panjang pantai Malang Selatan 77 Km dengan kawasan sepanjang pantai yang ditumbuhi hutan lindung. Di sepanjang kawasan tersebut terdapat beberapa tempat yang baik untuk pendaratan ikan karena letaknya di teluk-teluk yang landai berpasir. Prospek yang terdapat di kawasan tersebut pada saat ini adalah lokasi PPI Pondokdadap di desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing Wetan, karena berada di Teluk Selat Sempu yang beralur dalam dan airnya tenang. Akan tetapi potensi yang terdapat pada daerah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sehingga nelayan sebagai pelaku eksplorasi kelautan hampir dipastikan selalu sebagai unsur masyarakat yang paling miskin bila dibanding dengan unsur masyarakat yang bergerak dibidang lain. Sangat ironis bila dibandingkan dengan kenyataan bahwa sebenarnya potensi kelautan Indonesia sangat melimpah.

Terjadinya kondisi tersebut dikarenakan nelayan kita kurang kurang modal dan ketrampilan dalam mengeksplorasi sumber daya perikanan kita, salah satu



sebabnya adalah kapal nelayan yang ada pada saat ini tidak mampu mengoptimalkan penangkapan ikan, karena dari segi fasilitas tidak memadai, tidak memungkinkan untuk berlayar dalam jangka waktu yang agak lama. Dengan sendirinya jangkauan area penangkapan ikan juga sangat terbatas.

Bila kapal yang digunakan dapat ditingkatkan, sehingga area penangkapan ikan dapat diperluas, maka hasil tangkapan ikan diharapkan akan lebih optimal. Apalagi bila dibarengi dengan disediakannya informasi-informasi yang akurat mengenai lokasi-lokasi dimana terkandung banyak ikan (fishing ground).

Bila peningkatan jangkauan kapal sudah ditetapkan akan dapat diperhitungkan jumlah tangkapan ikan yang akan dihasilkan. Karena peningkatan jangkauan wilayah operasi kapal memerlukan jenis kapal yang lebih baik sehingga dari penentuan radius pelayaran dan daerah operasi kapal di cross check kan dengan kemungkinan besarnya hasil tangkapan yang dapat diperoleh kita akan memperoleh gambaran seberapa besar kapal yang kita perlukan.

Dalam penentuan kapal yang akan digunakan, diperlukan studi yang komprehensif bukan hanya dalam aspek teknis tetapi juga dari aspek ekonomis dari penggunaan kapal tersebut, apakah dengan penggunaan kapal tersebut secara ekonomis layak dan dapat digunakan

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut :



1. Potensi fishing ground yang belum terdata dengan baik, sehingga potensi fishing ground-fishing ground yang ada belum dimanfaatkan dengan maksimal. Hal ini memunculkan harapan untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan dengan jalan mendata potensi perikanan di Samudra Hindia, selatan pulau Jawa.
2. Metode pengawetan ikan yang tidak memadai, dimana pada umumnya ikan hasil tangkapan tidak diawetkan, sehingga lama pelayaran menjadi sangat terbatas antara 1 sampai 2 hari saja. Kalaupun menggunakan pengawetan, yang dipergunakan adalah metode curah dengan menggunakan es yang seadanya (es tidak di perlakukan khusus terlebih dahulu), dan perbandingan antara es dan ikan hasil tangkapan yang tidak sepadan, sehingga lama pelayaran juga akan terbatas. Sehingga diperlukan suatu terobosan metode pengawetan ikan, dengan menggunakan refrigerasi mekanis, untuk mendapatkan ikan segar yang berkualitas tinggi.
3. Tidak adanya back up dana dari pihak perbankan maupun dari pihak-pihak yang berkompeten lainnya, karena selama ini kurang ada study analisa ekonomis mengenai prospek perikanan di daerah Malang Selatan. Sehingga bila ada studi kelayakan industri perikanan di daerah Malang Selatan, diharapkan ada pihak yang tertarik dalam pendanaan.



1.3. Pembatasan Masalah

1. Kapal yang dipergunakan adalah kapal baru, dimana jenis kapal adalah kapal hasil survey pada galangan-galangan tradisional serta dari perusahaan perikanan yang sesuai dengan dimensi yang cocok dengan daerah Malang Selatan.
2. Tidak membahas mengenai metode penangkapan ikan dan peralatan kapal yang lain.
3. Analisa ekonomi yang dilakukan adalah dengan melakukan analisa biaya-keuntungan (cost-benefit analysis) dari setiap kapal (30 GT, 60 GT, 100 GT) dan dari setiap metode pengawetan ikan.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan suatu jenis kapal yang jangkauan operasi kapalnya lebih baik bila dibandingkan kapal yang sudah ada. Dan tersedianya fasilitas pengawetan ikan yang memadai untuk jangka waktu operasi penangkapan ikan yang lebih lama dengan mempergunakan refrigerasi mekanis untuk mendapatkan ikan segar yang berkualitas tinggi.

1.5. Manfaat Tugas Akhir

Dari Tugas Akhir ini diharapkan diperoleh kapal yang mampu menghasilkan hasil tangkapan ikan yang lebih besar bila dibandingkan dengan jenis yang sudah ada di daerah Malang Selatan.



1.6. Metode Penulisan

Secara umum metode yang digunakan dalam pembuatan karya tulis ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mempelajari mengenai dasar-dasar dari sistem refrigerasi serta sistem pengkondisian udara. Studi perikanan, studi analisa ekonomi.

2. Pencarian Data

Data-data yang diperlukan mengenai :

- Data-data mengenai kawasan yang mempunyai banyak kandungan ikan (fishing ground), pada dinas Perikanan Setempat. Dari data tersebut diharapkan akan diketahui potensi dari suatu daerah.
- Data mengenai sistem penangkapan ikan dan jumlah yang bisa di dapat dengan sistem tersebut.
- Data mengenai kapal-kapal yang tersedia dipasar, yang diketahui mempunyai kemampuan yang baik.
- Data-data mengenai sistem refrigerasi dan pengkondisian udara yang ada dipasaran, untung – rugi dari sistem pengkondisian udara.

3. Pengolahan data

Data-data tersebut kemudian diolah dengan teori-teori yang ada untuk dapat menentukan kapal yang sesuai dengan kebutuhan di daerah Malang Selatan.



1.7. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai masing-masing bab :

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai masalah alasan pemilihan judul, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan metode penulisan.

Bab II : Dasar Teori

Bab ini akan membahas tentang teori-teori pengkondisian udara, metode penangkapan ikan, prosedur penyimpanan ikan, teori analisa ekonomis.

Bab III : Potensi Ikan Tuna di Samudra Hindia

Bab ini akan membahas mengenai potensi berbagai jenis ikan tuna, fishing ground yang banyak terdapat ikan tuna tersebut, juga membahas mengenai peta migrasi dari jenis-jenis ikan tuna yang ada di Samudra Hindia.

Bab IV : Jenis dan Ukuran Kapal

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai beberapa jenis kapal yang hendak diperbandingkan



Bab V : Perhitungan Beban Pendinginan

Dari masing-masing kapal akan dihitung beban pendinginan dari setiap kapal

Bab VI : Analisa Ekonomis dalam Perencanaan Pemilihan Kapal

Bab ini berisi analisa ekonomis yang akan dilakukan terhadap masing-masing kapal, dan masing-masing metode pengawetan ikan.

Bab VII : Penutup

Bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan berdasarkan analisa yang telah dilakukan





BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Tentang Ikan Hasil Tangkapan

Kualitas ikan hasil tangkapan sedikit banyak akan mempengaruhi nilai jual ikan tersebut. Dimana kualitas yang lebih baik tentu saja akan memberikan nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan ikan dengan kualitas yang lebih buruk. Istilah kualitas pada dasarnya merupakan refleksi dari persepsi konsumen. Karena konsumenlah yang menilai baik buruknya suatu produk. Untuk mengetahui seberapa besar kualitas ikan yang ditangkap diterapkan banyak metoda. Di antaranya yang akan dikemukakan di sini secara singkat adalah penggunaan *sistem skor kesegaran* dari Torry Research Station, Aberdeen, Skotlandia.

Sistem skor kesegaran terdiri atas panel-panel yang digunakan untuk mengevaluasi mutu ikan secara umum. Salah satunya dipakai untuk menentukan mutu ikan setelah ikan tersebut mati yang didasarkan pada jumlah kandungan zat trimethylamine (TMA) yang terdapat di dalam ikan. Zat ini terbentuk sebagai akibat penguraian daging ikan oleh mikroba setelah ikan tersebut mati. Semakin lama waktu yang dialami ikan setelah mati kandungan zat ini semakin banyak



mengakibatkan ikan semakin busuk dan penurunan mutu. Berikut ini akan disajikan tabel nilai kesegaran ikan berdasarkan lama waktu penyimpanan.

Hari	Nilai Kesegaran	Torrimeter	TMA (μ moles/100 g)
2	9	1114	7
5	8	13	22
8	7	11	137
11	6	10	360
14	5	8	792
17	4	6	1.730
20	3	4	3.2240

Tabel 2.1. Nilai kesegaran ikan berdasarkan lama waktu penyimpanan

Beberapa indikator lain yang bisa dipakai untuk mengetahui tingkat kesegaran ikan adalah dengan melihat secara langsung kondisi ikan tersebut. Ini bisa dilakukan dengan mengamati keadaan mata, kulit, dan insangnya. Secara visual bisa ditentukan apakah ikan yang diamati masih dalam keadaan baik atau tidak. Selain itu bau juga ikut menentukan mutu ikan. Berikut ini disajikan tabel yang berisi indikator-indikator yang mungkin dapat dipakai pegangan untuk mengetahui mutu ikan. (Joe M Regenstien & Carrie E. Regenstien, 1991)



<i>Hari</i>	<i>Nilai</i>	<i>Mata</i>	<i>Kulit</i>	<i>Penampakan insang</i>	<i>Bau insang</i>
0-2	10	Cembung, terang, bersih	Bersih, warna mengkilat	Terang, bersih, merah tua hingga merah muda	Lemah, seperti rumput yang baru dipotong
2-4	9	Cembung hingga datar, sedikit abu-abu, bersih	Bersih, mengkilat	Merah terang hingga merah muda, pada beberapa bagian	Lebih keras baunya
4-6	8	Datar, sedikit abu-abu, bersih	Tidak mengkilat, sedikit sisik yang hilang	warnanya mulai pudar	Berminyak, beraroma
6-8	7	Sedikit tenggelam, abu-abu, sedikit gelap	Kehilangan sejumlah sisik, sedikit berpasir	Merah muda hingga coklat dengan warna pudar	Seperti karton, berminyak, baunya tajam
8-10	6	Tenggelam, abu-abu, sedikit gelap	Sisik hilang, warna suram	Merah muda hingga coklat, warna pudar	Jelai, seperti bir, rumput busuk, sedikit minyak tengik
10-13	5			Merah muda hingga coklat, warna pudar, lengket	Seperti telur direbus, susu yang masam, seperti bau kulit
13-15	4	Tenggelam, abu-abu, gelap	Berpasir, terdapat noda coklat		Seperti sayur/buah yang membusuk, minyak tengik

Tabel 2 . Nilai Torry untuk ikan berdasarkan penampilan visualnya

2.2. Kapal Ikan

Kapal ikan menurut fungsinya dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu antara lain :



1. Kapal Penangkap Ikan
2. Kapal Penampung dan Pengolah Ikan
3. Kapal Riset dan Latih Penangkapan Ikan

2.2.1. Daerah Koloni Penyebaran Kapal Ikan

Berdasarkan hasil analisa dari gambar rencana garis, rencana umum, alat tangkap, dan data-data lainnya, maka kapal nelayan tradisional di Indonesia dapat digolongkan ke dalam 7 DKP atau Daerah Koloni Penyebaran kapal ikan, yang meliputi :

1. *DKP I (Tipe Cungkung)*

Meliputi DI Aceh, Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, dan DKI Jakarta

2. *DKP II (Tipe Pancing Tonda)*

Meliputi Sumatera Barat sampai Bengkulu

3. *DKP III (Tipe Gillnet kombinasi Bottom Long Line)*

Meliputi Bandar Lampung dan Jawa Barat bagian Selatan

4. *DKP IV (Tipe Bomman Construction)*

Meliputi Jawa bagian Pantai Utara, dan sebagian besar Jawa Timur bagian Selatan

5. *DKP V (Tipe Long Line)*

Meliputi Jawa Timur bagian Selatan, Bali, dan Nusa Tenggara Barat

6. *DKP VI (Tipe Bago)*



Meliputi Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur

7. *DKP VII (Tipe Pole and Line)*

Meliputi Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Maluku, dan Irian Jaya

Menurut pengalaman para nelayan tradisional yang menangkap ikan, sebetulnya kapal-kapal 30 sampai dengan 60 GT sudah bisa mencapai perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia. Hanya dengan keterbatasan desain, konstruksi, alat tangkap, dan perlengkapan lainnya para nelayan tradisional tersebut belum dapat memanfaatkan sumber daya laut di perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia secara maksimal.

2.2.2. Tipe-Tipe Kapal Penangkap Ikan

Kapal-kapal ikan yang umumnya dipakai untuk menangkap ikan hingga dewasa ini terdiri dari :

1. Kapal Ikan Tipe trawler

Bangunan kapal ikan tipe trawler hampir sama dengan kapal barang biasa, perbedaannya hanya kapal ini mempunyai perlengkapan utama untuk penangkapan ikan yang mana tidak dimiliki oleh kapal barang. Perlengkapan utamanya terdiri dari sebuah jaring trawl, derek jaring



trawl, dan tambang tarik jaring trawl. Cara kerja dalam menangkap ikan adalah dengan menarik jaring trawl di dalam laut, kemudian setelah berhasil mendapat ikan, jaring trawl diangkat ke atas kapal.

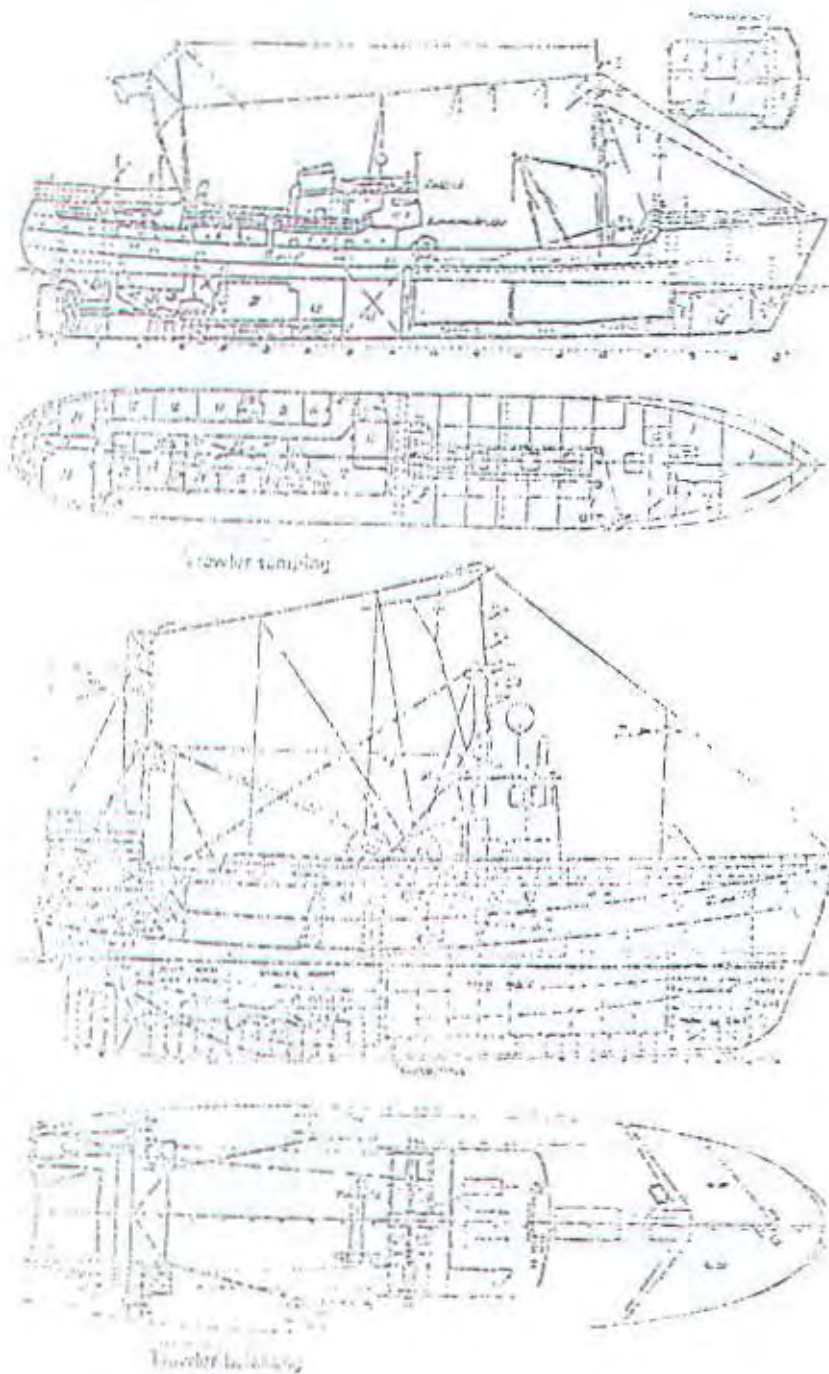
Berdasarkan cara kerjanya kapal ikan tipe trawler ini dapat dibedakan atas:

1. Trawler samping atau side trawler
2. Trawler belakang atau stern trawler

Dalam bahasa Inggris, kapal ikan tipe trawler ini dapat pula dibedakan sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Long Distance Trawler | (kira-kira 800 BRT, 16 - 17 Knot, 2000 PS) |
| 2. Middle Water Trawler | (kira-kira 450 BRT, 1200 PS) |
| 3. Near Water Trawler | (kira-kira 200 BRT, 600 PS) |
| 4. Inshore Trawler | (kira-kira 50 BRT, 300 PS) |

Di Jerman Barat dan Jerman Timur, kapal ikan tipe trawler yang termasuk Inshore Trawler, masih sering disebut sebagai kutter. Jika panjangnya lebih dari 30 meter sebagai trawler dan di bawah itu sebagai kutter.

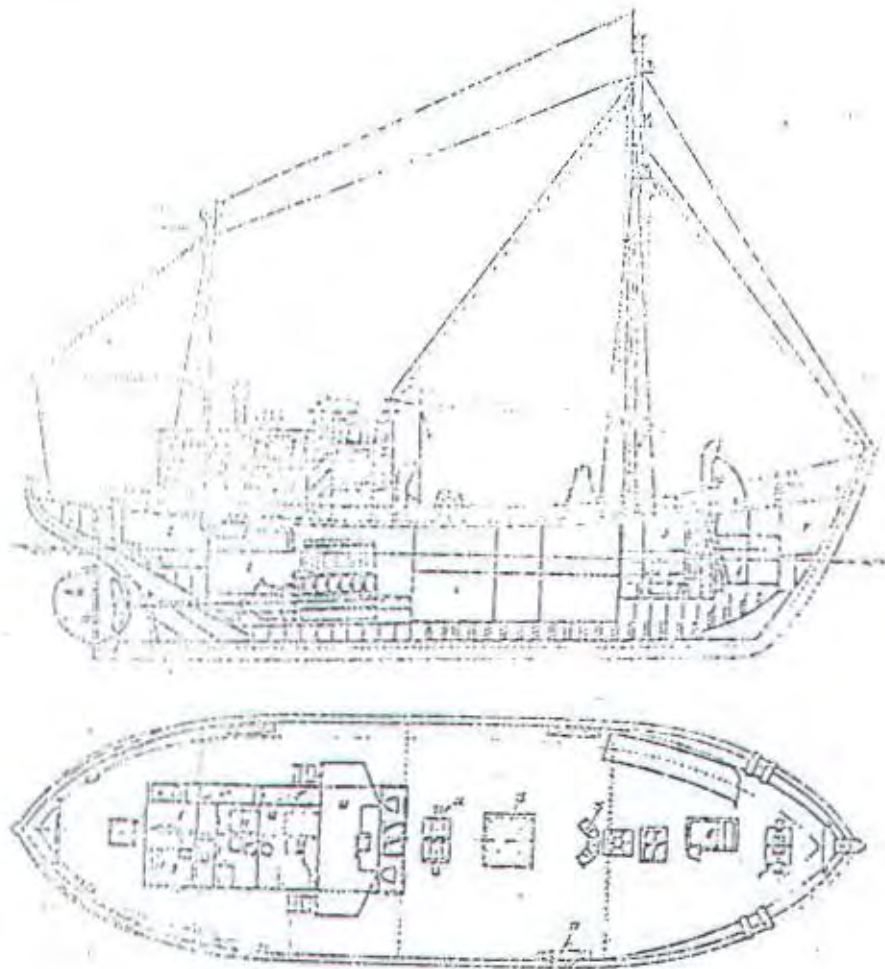


Gambar 2.1. Kapal Ikan Tipe Trawler



2. Kapal Ikan Tipe Kutter

Bangunan kapal ikan tipe kutter hampir sama dengan kapal barang kecil, perbedaannya hanya pada kapal ini mempunyai perlengkapan untuk penangkapan ikan, tetapi tidak selengkap pada kapal tipe trawler dan digunakan pada perairan pantai serta perairan bebas terbatas. Cara kerja dalam menangkap ikan hampir sama dengan kapal ikan tipe trawler

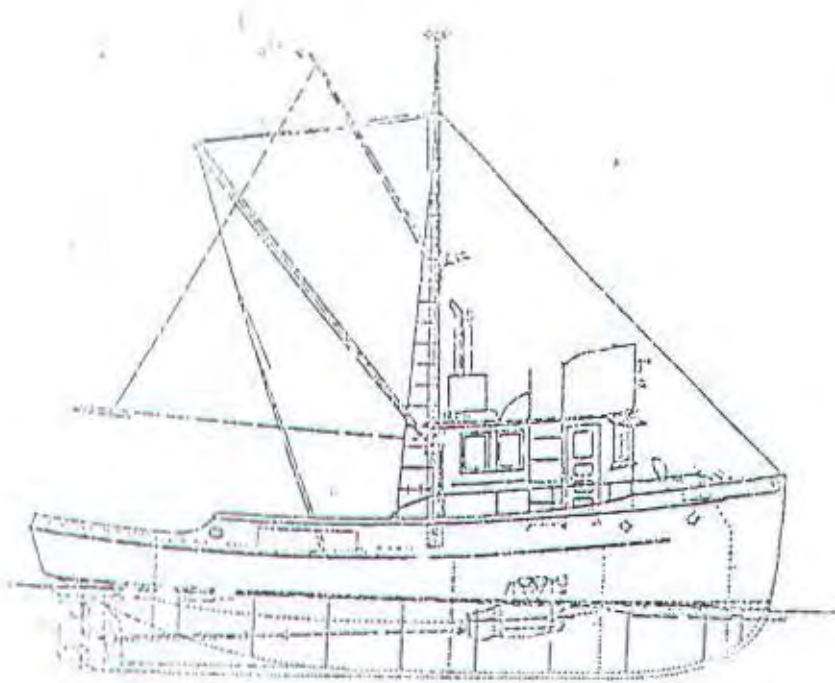


Gambar 2.2. Kapal Ikan Tipe Kutter



3. Kapal Ikan Tipe Troller

Bangunan kapal ikan tipe troller juga hampir sama dengan kapal barang kecil, perbedaannya hanya pada kapal ini memiliki perlengkapan untuk penangkapan ikan.



Gambar 2.3. Kapal Ikan Tipe Troller

Cara kerja penangkapan ikan pada kapal ini tidaklah dengan jalan menarik jaring seperti pada kapal ikan tipe trawler, tetapi hanya dengan menempatkan jaring insang atau gillnet dasar saja, dan jarak ke



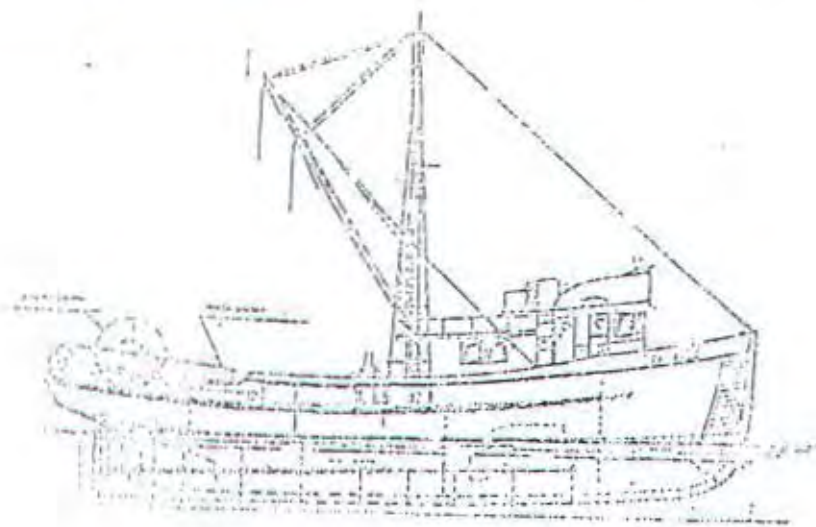
tempat lokasi penangkapan ikan tidaklah sejauh seperti pada kapal ikan tipe trawler.

Kapal ikan tipe troller yang bobotnya lebih kecil dan jarak ke tempat lokasi penangkapan ikan lebih dekat, juga sering disebut gillnetter.

4. Kapal Ikan Tipe Seiner

Bangunan kapal ikan tipe seiner, dilihat dari luar hampir sama dengan kapal ikan tipe troller, hanya kapal ini umumnya memiliki sebuah meja putar atau *net-grating*, dan sebuah *seine drum*, yang ditempatkan di atas geladak bagian belakang kapal.

Cara kerja penangkapan ikan yaitu tidak hanya dengan menempatkan jaring kantong atau *purse seine* saja, tetapi juga menarik *purse seine* hingga melingkar. Dengan demikian ujung-ujung *purse seine* akan bertemu satu sama lain.



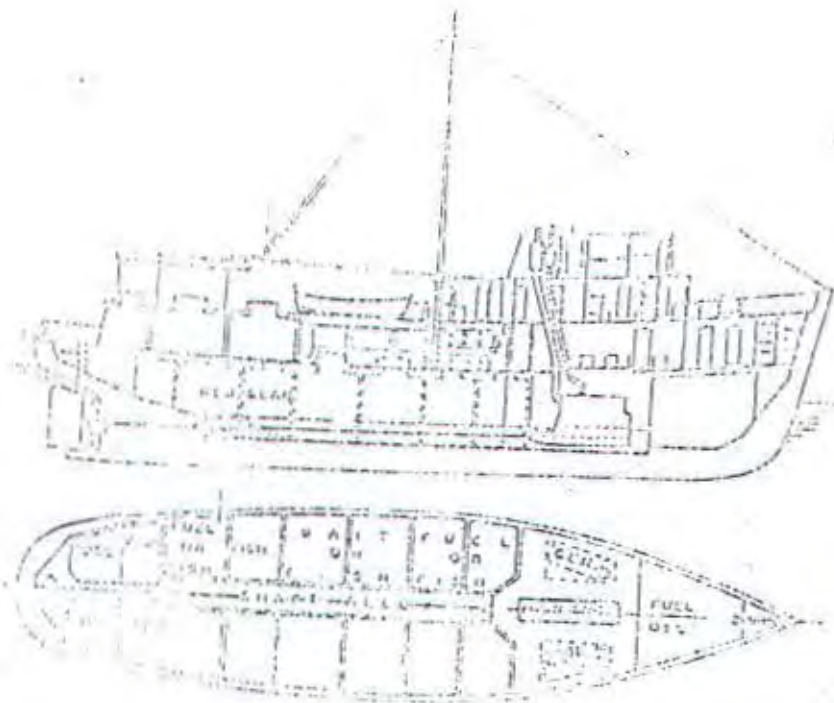
Gambar 2.4. Kapal Ikan Tipe Seiner



5. Kapal Ikan Tipe Tuna Clipper

Bangunan kapal ikan tipe Tuna Clipper dilihat dari luar hampir sama dengan yacht. Panjangnya antara 20 hingga 50 meter dan tenaga penggerak pada umumnya motor diesel putaran menengah serta mempunyai radius operasi hingga 1000 sm.

Ikan-ikan tuna yang besar langsung dipancing dengan tangan dari atas geladak kapal. Suatu identitas dari kapal ini adalah mempunyai tangki-tangki kedap air yang besar untuk menyimpan umpan ikan tuna berupa ikan kecil-kecil yang hidup.



Gambar 2.5. Kapal Ikan Tipe Tuna Clipper

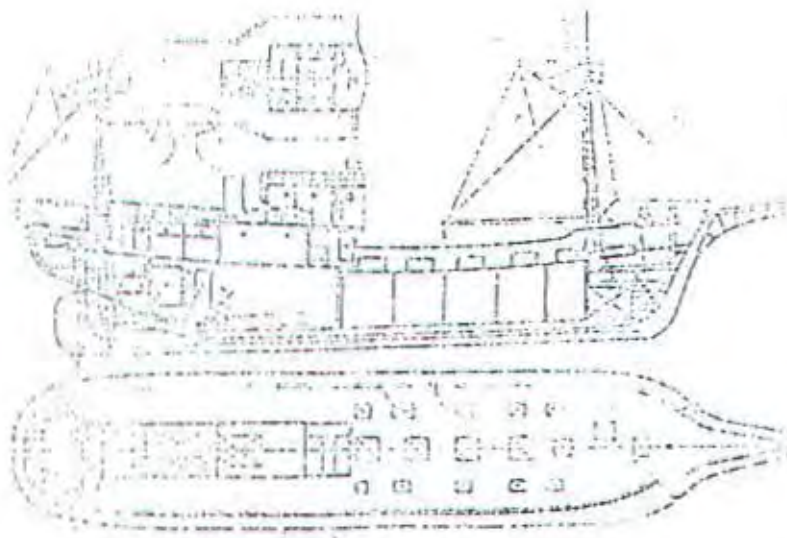


6. Kapal Ikan tipe Long Liner

Bangunan kapal ikan tipe Long Liner dilihat dari luar hampir sama dengan pinisi. Panjangnya kira-kira 15 hingga 35 meter dan sebagian besar terbuat dari kayu.

Ruangan tempat menyimpan ikan umumnya mencapai 30 % hingga 40 % dari panjang kapal dan ditempatkan pada bagian depan kapal.

Kapal ini juga mempunyai tangki-tangki kedap air untuk penyimpanan umpan berupa ikan-ikan kecil yang hidup karena kapal ini juga dapat digunakan untuk memancing ikan-ikan besar.



Gambar 2.6. Kapal Ikan Tipe Long Liner



2.2.3. Karakteristik Bentuk Badan Kapal

Bentuk badan kapal penangkap ikan saat ini pada dasarnya adalah suatu kompromi antara tahanan kapal yang baik dengan kualitas kelaikan laut kapal yang sempurna. Sebagai contoh misalnya untuk menentukan lebar kapal penangkap ikan sangat bergantung pada stabilitas kapal itu sendiri dan kebutuhan ruang muat hasil tangkapan.

Bentuk kapal penangkap ikan biasanya mempunyai haluan yang tajam dan condong ke depan untuk memecah gelombang yang akan mempengaruhi besarnya tahanan. Bagian haluan ini pada umumnya berbentuk baji dengan penampang tengahnya agak penuh dan titik berat volume di bawah air bergeser agak ke belakang. Berdasarkan penelitian, bentuk badan kapal seperti tersebut diatas mempunyai tahanan yang jauh lebih kecil daripada kapal-kapal yang mempunyai bentuk bagian haluan dan buritannya agak gemuk. Tahanan untuk kapal dengan bentuk tersebut di atas dapat berkurang sampai 35 % pada kecepatan 11,5 Knot.

Sebagai pertimbangan untuk menentukan ukuran utama kapal penangkap ikan, dapat diambil harga rasio ukuran utama seperti dalam tabel berikut serta diagram-diagram dari Traung. Pada saat memilih rasio L/B atau B/T yang sesuai dengan gambar diagram di atas, maka masih harus diperhatikan pula tentang persyaratan stabilitasnya, karena perubahan lebar atau B akan berpengaruh pada stabilitasnya bukan pada tahanannya. Harga koefisien blok atau C_b yang menguntungkan pada umumnya



tergantung pada harga kecepatan relatif atau bilangan Froude. Lambung timbul kapal penangkap ikan minimum adalah $1/75$ dari LWL.

Pada perencanaan garis air perlu diperhatikan agar bentuk penampang bagian haluan kapal mempunyai bentuk ketajaman yang harmonis dengan sudut masuk garis air relatif kecil antara 14° hingga 20° supaya kapal mempunyai tahanan yang relatif kecil. Begitu pula sudut keluar garis air pada bagian buritan yang mengenai baling-baling harus direncanakan sekecil mungkin untuk memperbaiki efisiensi baling-baling dan kemampuan olah geraknya.

Pada umumnya kapal penangkap ikan mempunyai letak titik berat volume di bawah air antara 1% dari LWL di muka garis tengah kapal hingga 3% dari LWL di belakang garis tengah kapal.

2.2.4. Tipe Kapal Ikan Tradisional

Kapal ikan tradisional umumnya merupakan kapal dengan kecepatan kerja yang sedang antara 5-10 Knot. Kecepatan ini umumnya diperoleh karena keterbatasan dari daya motor penggerak yang terpasang. Selain itu keterbatasan ukuran utama juga menjadi pertimbangan dalam unjuk kerja operasi penangkapan, sehingga dalam setiap perhitungan daya kapal ikan ini dilakukan optimasi antara ukuran kapal dan kecepatan kerja untuk menentukan besarnya daya motor penggerak. Sehingga kebanyakan dalam perhitungan kapal ikan diklasifikasikan ke dalam kapal displacement type hull.



Displacement type hull adalah jenis bentuk badan kapal normal yang banyak dijumpai, termasuk diantaranya adalah kapal barang, kapal penumpang, kapal tunda, kapal penangkap ikan, dan sebagainya. Sebagaimana yang telah diketahui, ujung depan atau bow dari kapal ini memotong air dalam bentuk baji dan selanjutnya dari ujung tersebut badan kapal bergerak melebar menuju bagian tengah kapal atau midship. Dari bagian tengah tersebut badan kapal akan secara bertahap, tergantung besar kecilnya kapal, menyempit menuju ke belakang dan dirancang sedemikian rupa sehingga air akan bergerak memusat menuju buritan dalam aliran normal atau natural flow.

Dalam hubungannya dengan kecepatan kapal, secara sederhana dapat dikatakan bahwa displacement type hull adalah kapal-kapal yang displacement atau bagian badan kapal yang berada di dalam air tidak mengalami perubahan berat maupun volume baik pada saat kapal diam maupun pada saat kapal bergerak. Dengan kata lain bahwa displacement pada saat $V_0 = 0$ sama dengan pada saat kapal bergerak dengan kecepatan $V = V_s$ Knot.

Kecepatan dari kapal dalam jenis ini dibatasi oleh sifat dari aliran air di sekitar badan kapal tersebut. Batas kecepatan ini dinamakan dengan Kecepatan Kritis atau juga disebut sebagai Natural/Critical Speed, yang mana berhubungan langsung dengan panjang kapal itu sendiri. Jika kecepatan kritis ini dilampaui maka badan kapal akan bergerak lebih cepat daripada gerakan air untuk menuju ke bagian belakang kapal. Sehingga



dalam kondisi ini tekanan air di bagian belakang kapal itu akan turun. Akibatnya bagian belakang kapal itu pun akan turun dan untuk mengatasi tahanan yang timbul pada keadaan demikian diperlukan tenaga penggerak kapal yang sangat besar, dimana sudah tidak sebanding lagi dengan kenaikan kecepatan kapal yang diperoleh.

Kecepatan dinas dari kapal-kapal besar umumnya jauh dibawah kecepatan kritisnya, mengingat dari adanya ukuran panjang kapal itu sendiri. Sebaliknya kapal-kapal kecil banyak yang mempunyai kecepatan dinas di sekitar kecepatan kritisnya. Kapal-kapal yang dirancang untuk keperluan khusus dapat mengabaikan batasan kecepatan kritis ini, karena yang menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan tenaga motor penggerak bukan semata-mata kecepatan dinas yang akan dicapai, tetapi kemampuan untuk memenuhi kebutuhan sesuai kegunaan atau fungsi kapal tersebut.

2.3. Prinsip Dasar Sistem Refrigerasi

Refrigerasi umumnya dikatakan sebagai proses pendinginan dan lebih tepatnya sebagai produksi dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitarnya dengan cara penyerapan atau pengambilan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Secara singkat dapat dikatakan bahwa sistem refrigerasi adalah usaha pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan, ke bahan atau ruangan



yang lain. Refrigerasi merupakan penerapan dari bidang perpindahan kalor dan termodinamika, (*Untung Budiarto, 1998*)

Metode terbanyak yang diterapkan dalam refrigerasi yaitu refrigerasi dengan sistem kompresi uap. Dalam sistem ini uap ditekan, kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali, proses penguapan ini akan menghasilkan perpindahan panas (*cooling*) dari substansi yang diinginkan. Daur kompresi uap disebut sebagai daur yang dioperasikan oleh kerja (*work operated cycle*) karena penaikan tekanan refrigeran dilakukan oleh kompresor yang memerlukan kerja.

Metode lain dalam sistem refrigerasi, yaitu dengan sistem absorpsi. Dalam proses ini pertama-tama sistem menyerap uap tekanan rendah ke dalam suatu zat cair penyerap (*absorbing liquid*) yang cocok. Yang terkandung dalam proses absorpsi yaitu proses konversi (perubahan) dari uap menjadi cair, karena proses ini sama dengan kondensasi, maka selama proses berjalan, kalor dilepaskan. Tahap berikutnya yaitu menaikkan tekanan zat cair dengan pompa dan terakhir membebaskan uap dari zat cair penyerap dengan pemberian kalor. Daur ini disebut sebagai daur yang dioperasikan oleh kalor (*heat operated cycle*).

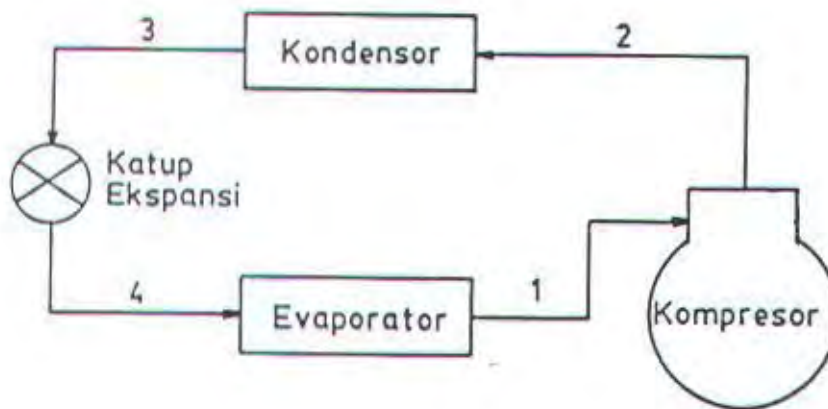
Sistem refrigerasi lain yang bisa diterapkan yaitu dengan metode *thermoelectric*, *steam jet*, dan refrigerasi *air cycle*. Sistem-sistem ini digunakan hanya dalam aplikasi tertentu saja, *thermoelectric* masih sangat mahal pengoperasiannya, sedangkan *steam jet* tidak efisien. Karena itu dalam tugas akhir ini, refrigerasi yang dikembangkan dengan menggunakan sistem kompresi uap,



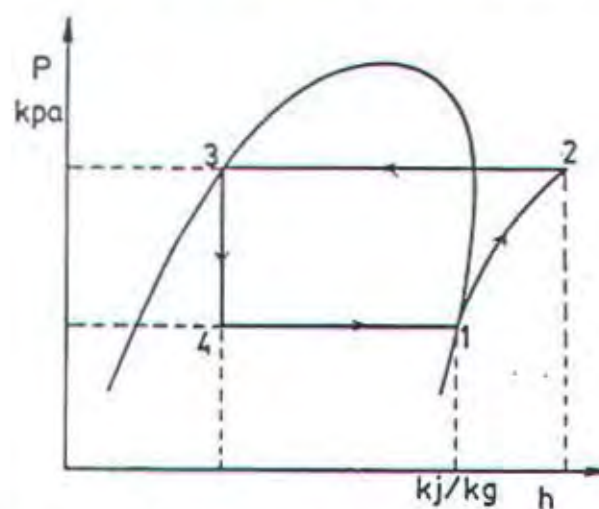
sebab memiliki kelebihan dan kemudahan dalam pengoperasiannya dan biayanya lebih rendah dibanding yang lainnya. (Untung Budiarto, 1998)

2.3.1. Proses Refrigerasi Sistem Kompresi Uap Standar

Diagram alir dan diagram tekanan-entalpi dari siklus kompresi uap standar dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.7 Diagram aliran daur kompresi uap standar



Gambar 2.8 Diagram tekanan-entalpi daur kompresi uap standar



Keterangan:

- a. Proses 1-2, merupakan proses kompresi adiabatik dan reversibel, di sepanjang garis entropi konstan, proses ini, dilakukan oleh kompresor, mulai dari tekanan uap jenuh hingga tekanan kondensor.
- b. Proses 2-3, yaitu pelepasan kalor pada tekanan konstan yang menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan gas refrigeran. Usaha pengeluaran panas dari uap jenuh refrigeran ini, dilakukan secara pendinginan dengan tiupan udara (*air cooling*) atau air (*water cooling*) di dalam kondensor. Selanjutnya refrigeran cair ini ditampung dan dikumpulkan dalam suatu tangki penerima atau *receiver tank*.
- c. Proses 3-4, merupakan ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pengaturan ini (*regulating, metering*) berfungsi agar proses pengisapan dan pemampatan pada kompresor dapat mempertahankan suatu perbedaan suhu untuk kelancaran jalannya proses refrigerasi. Alat pengatur ini dapat berbentuk alat pengukur (*metering device*), pipa kapiler, katup ekspansi (*expansion valve*), katup selenoid dan lainnya.
- d. Proses 4-1, refrigeran cair mengalami penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Untuk menguapkan refrigeran memerlukan panas yang diserap dari sekitarnya, dari udara atau dari bahan yang ada di sekitarnya, bagian penguap ini dilakukan oleh evaporator. (*Wibert F. Stoecker, Jerold W. Jones, 1994*)

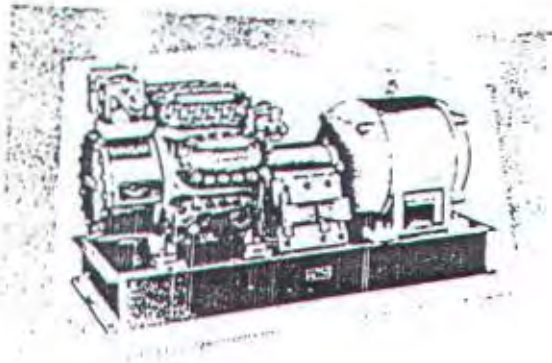


2.4. Perlengkapan Utama Sistem Refrigerasi

Setiap komponen sistem kompresi uap, mempunyai karakteristik tersendiri. Pada waktu yang sama masing-masing komponen dipengaruhi oleh kondisi-kondisi yang disebabkan oleh komponen lain dari keempat alat tersebut. Perubahan suhu air kondensor, dapat mengubah laju aliran refrigeran yang dipompakan oleh kompresor, sehingga katup ekspansi perlu diatur lagi, akibatnya tekanan pada evaporator berubah.

2.4.1. Kompresor

Kompresor merupakan jantung dari sistem kompresi uap. Empat jenis kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*), sekrup (*screw*), sentrifugal, dan sudu (*vane*). Kompresor torak terdiri dari sebuah piston yang bergerak ke depan dan ke belakang di dalam silinder yang mempunyai katup hisap (*suction valve*) dan katup buang (*discharge valve*) sehingga berlangsung proses pemompaan. Kompresor sekrup, sentrifugal, dan sudu semuanya menggunakan elemen-elemen yang berputar. Kompresor sekrup dan sudu adalah mesin-mesin yang bergerak positif (*positive-displacement*), sedangkan kompresor sentrifugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal.



Gambar 2.9 Kompresor jenis torak

2.4.2. Kondensor

Kondensor merupakan satu bagian penting dari sistem pendingin. Dalam kondensor panas dipindahkan dari refrigeran ke medium pendingin, air atau udara. Kondensor harus menghilangkan semua panas yang ditimbulkan oleh refrigeran dalam sistem refrigerasi. Panas ini ditimbulkan dari evaporator (dari beban pendinginan) dan panas yang ditimbulkan dari proses kompresi gas refrigeran.

Kondensor yang umum dipakai ada tiga tipe, yaitu *air cooled*, *water cooled*, dan *evaporative condenser*. Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan dalam



kondensor merupakan fungsi dari kapasitas refrigerasi, suhu penguapan dan suhu pengembunan.

2.4.3. Alat Ekspansi

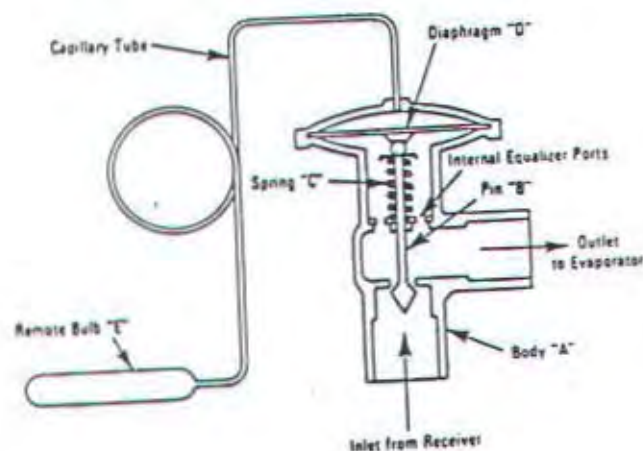
Alat ekspansi mempunyai dua kegunaan, yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator (*Mujiyono, 1999*). Alat ekspansi yang umum digunakan yaitu: pipa kapiler, katup ekspansi berpengendalian panas lanjut (*superheat controlled expansion valve*), katup apung (*floating valve*), dan katup ekspansi tekanan konstan (*constant pressure expansion valve*). Jenis alat ekspansi yang paling banyak digunakan adalah katup ekspansi berpengendalian panas lanjut, yang biasa disebut dengan katup termostatik (*thermostatic expansion valve*).

Katup ekspansi panas-lanjut mengatur laju aliran refrigeran cair yang besarnya sebanding dengan laju penguapan di dalam evaporator. Karenanya keseimbangan laju aliran antara kompresor dan katup ekspansi tersebut secara praktis dapat disamakan dengan keseimbangan pada katup apung.

Keadaan panas lanjut gas hisap menggerakkan katup ekspansi *thermostatic* sebagai berikut: sebuah bola perasa (*bulb remote*) diisi sebagian dengan cairan refrigeran yang sama dengan yang digunakan di dalam sistem. Fluida di dalam bola tersebut disebut fluida daya (*power fluid*). Bulb ini ditempelkan pada saluran keluar evaporator sehingga suhu bola dan fluida tersebut sangat dekat dengan



suhu gas hisap (*suction gas*). Tekanan dari fluida ini memberi dorongan ke sisi atas diafragma, sedangkan tekanan evaporator menekan dari sisi bawah. Disamping itu, terdapat sebuah pegas (*spring*) pada tangkai katup yang memberikan sedikit gaya ke atas agar katup tetap tertutup hingga terbentuk tekanan yang lebih tinggi dari arah atas diafragma, yang mengatasi gaya pegas dan tekanan evaporator. Agar tekanan di atas diafragma lebih tinggi, maka fluida daya harus bersuhu lebih tinggi dari suhu jenuh di dalam evaporator. Oleh karena itu gas hisap harus panas lanjut agar mendapat fluida daya di atas tekanan yang membuka katup. Di bawah ini merupakan gambar skematik katup ekspansi termostatik.



Gambar 2.10 Skematik dari TEV



2.4.4. Evaporator

Evaporator merupakan bagian dari sistem, dimana refrigeran cair mendidih dan mengubahnya menjadi gas atau uap. Evaporator harus dapat menyediakan secara kontinyu dan efektif proses perpindahan panas dari medium yang didinginkan ke cairan refrigeran. Temperatur pendidihan refrigeran dalam evaporator harus selalu lebih rendah daripada medium di sekelilingnya agar panas dapat mengalir ke refrigeran.

2.4.5. Receiver

Receiver merupakan tabung yang digunakan untuk menampung sementara refrigeran yang dicairkan di dalam kondensor. Volume *receiver* harus mampu menampung refrigeran pada waktu mesin tidak beroperasi. Jika kondensor mempunyai ruang penampung yang cukup, alat ini tidak selalu dibutuhkan, khususnya untuk sistem yang kecil.

2.5. Teknologi Refrigerasi dalam Perikanan

Perikanan sebagai suatu kegiatan ekonomi, adalah usaha manusia untuk memanfaatkan sumber daya alam biologi perikanan dengan cara menerapkan kaidah teknologi secara ekonomis untuk mencapai kesejahteraan manusia melalui produksi hasil perikanan. Ikan merupakan salah satu jenis pangan yang paling

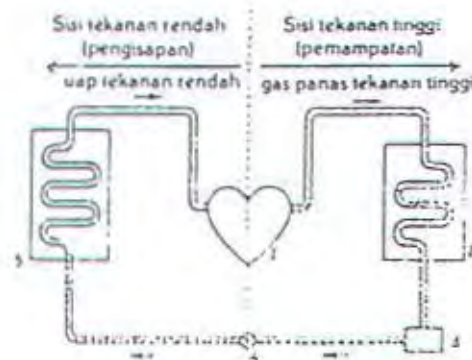


cepat membusuk. Kecepatan ikan membusuk terutama sangat dipengaruhi oleh suhu.

Menyadari besarnya peranan suhu pada daya awet hasil perikanan inilah yang mendorong manusia mengaitkan hasil perikanan itu dengan usaha refrigerasi, yaitu memanfaatkan teknologi refrigerasi untuk mendinginkan atau menurunkan suhu hasil perikanan itu agar lebih lama daya awetnya. Jadi, kegiatan refrigerasi hasil perikanan merupakan usaha mendinginkan ikan agar ikan awet untuk memperoleh manfaat biologis (gizi) dan ekonomis setinggi-tingginya. Suatu sistem refrigerasi yang menggunakan tenaga khusus untuk menggerakkannya untuk memproduksi dingin dengan bantuan mesin atau alat, disebut refrigerasi mekanik.

2.5.1. Sistem Refrigerasi Mekanik

Pengaturan dari seluruh proses yang berlangsung dalam suatu sistem refrigerasi yang dialami oleh refrigeran yang bersirkulasi di dalam sistem dapat dikemukakan dalam suatu siklus dasar yang menggerakkan sistem refrigerasi. Diagram dari siklus tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.11 Diagram siklus

Keterangan:

1. Jantung sistem refrigerasi
 - Kompresor pada sistem kompresi
 - Absorber dan generator pada sistem absorpsi
2. Kondensor
3. Tangki penerima cairan
4. Katup ekspansi
5. Evaporator

Panas yang berasal dari ruangan dan bahan (ikan) diserap ke dalam evaporator, panas itu tersimpan dalam uap refrigeran bertekanan rendah, dihisap ke dalam jantung sistem refrigerasi yaitu kompresor. Oleh kompresor, panas yang dihisap yang dibawa oleh uap refrigeran bertekanan rendah itu, dipompakan



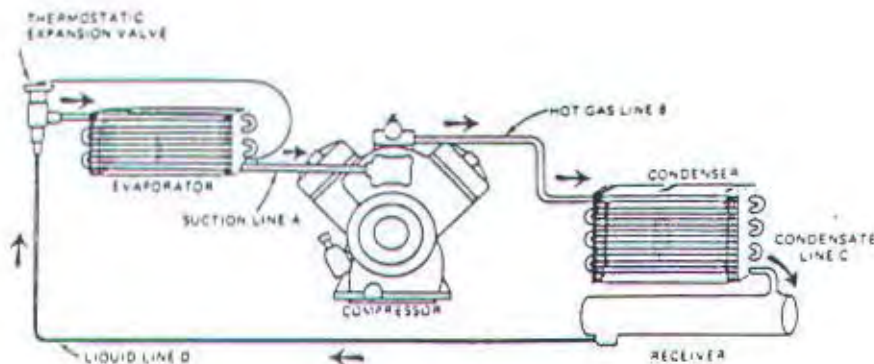
menuju alat pengembun (kondensor). Tekanan uap refrigeran itu menjadi tinggi dan menjadi jenuh akan panas. Oleh pendinginan dengan udara atau air, uap refrigeran yang ada dalam kondensor berubah menjadi cairan. Panas yang terkandung dalam uap refrigeran pada saat mengembun diambil oleh air atau udara pendingin kondensor. Cairan yang terbentuk mengumpul dalam tangki penerima atau receiver, ia bertekanan tinggi dan seterusnya mengalir menuju alat pengatur pemuaian (katup ekspansi).

Dengan mengatur katup ekspansi, cairan bertekanan tinggi berubah menjadi cairan dingin bertekanan rendah. Cairan itu diberi kesempatan memuai, mendidih, dan menguap di dalam evaporator. Untuk menguap dan mendidih, refrigeran itu menyerap panas dari sekitarnya dalam ruangan evaporator untuk kemudian disalurkan kembali ke jantung sistem refrigerasi. Dengan demikian diselesaikanlah sudah satu siklus dari sistem refrigerasi tersebut. Siklus ini diulangi terus sampai tujuan pendinginan refrigerasi tercapai, yaitu menurunkan suhu suatu bahan atau ruangan dan seterusnya memeliharanya pada tingkat suhu rendah yang sudah ditetapkan sebelumnya., yaitu menurunkan suhu suatu bahan atau ruangan dan seterusnya memeliharanya pada tingkat suhu rendah yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Pada gambar siklus di atas, ditarik satu garis lurus putus-putus yang bertujuan hanya untuk memberikan gambaran bahwa wilayah sebelah kiri garis putus-putus adalah wilayah atau sisi tekanan rendah (*low pressure side*) atau sisi penghisapan (*suction side*) sedangkan sisi sebelah kanan adalah sisi tekanan tinggi (*high pressure side*), kompresi (*compression*), atau pengeluaran (*discharge*).



Gambar di bawah ini merupakan contoh peralatan dan rangkaian perpipaan dari sistem kompresi uap.



Gambar 2.12 Peralatan dan rangkaian pipa

2.5.2. Sistem Peng-esan Ikan

Suhu rendah sangat efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri-bakteri 'psychropholic' karena bakteri inilah yang bertanggung jawab terhadap pembusukan daging ikan. Dalam metoda ini es dapat berfungsi sebagai :

1. menurunkan suhu daging ikan sampai mendekati 0°C atau dibawahnya sehingga suhu ikan tetap dingin.
2. Air es yang ada dapat digunakan untuk mencuci lendir, sisa-sisa darah dan bakteri dari permukaan badan ikan.



3. Mempertahankan keadaan berudara pada ikan, selama disimpan dalam palka.

Agar metoda ini efektif, maka es harus dibuat dari air bersih dan disimpan dalam tempat yang bersih serta sisa-sisa es harus dibuang dan tidak dipakai lagi. Untuk mencegah terjadinya luka-luka pada badan ikan serta penurunan suhu yang lebih cepat sebaiknya digunakan es hancur.

2.5.3. Sistem Pendinginan dengan Air Laut atau Air Garam dan Es

Cara mendinginkan ikan dengan metoda air garam yang diberi es atau air laut yang diberi es telah banyak dipraktekkan oleh para nelayan untuk meningkatkan mutu hasil tangkapan. Diketahui bahwa ikan yang didinginkan dengan garam + es atau air laut + es pada suhu $-1,7^{\circ}\text{C}$ lebih tahan lama dibandingkan dengan yang hanya di-es dengan suhu 0°C . Hanya saja metoda ini terdapat kekurangannya, yakni tidak adanya sirkulasi 'brine' dingin, akibatnya suhu dalam wadah tidak merata, karena es terapung di permukaan dan suhu air garam/laut di bagian bawah biasanya lebih tinggi. Akibat tidak meratanya suhu maka mutu ikan pun tidak merata.

2.5.4. Teknik Pendinginan Metode Refrigerated Sea Water

Untuk meningkatkan manfaat pendinginan dengan air garam/laut dan es, kini telah dipraktekkan pemakaian air laut/garam yang didinginkan oleh unit



pendingin dan sekaligus dilengkapi pompa sirkulasi air. Prinsip dasar dari pendinginan ikan dengan air yang didinginkan adalah mendinginkan ikan dengan air laut dingin agar suhu ikan cepat turun mencapai suhu -1°C , hanya sedikit di atas titik beku ikan. Titik beku ikan antara $-1,2^{\circ}\text{C}$ sampai -2°C . Rasio perbandingan antara ikan dan air laut yang diijinkan yaitu $4 : 1$. Guna mendinginkan air pendingin ikan tersebut, diperlukan refrigerasi dalam hal ini meliputi usaha:

1. Menyerap panas (kilokalori) dari ikan untuk menurunkan suhu ikan dari suhu awal ke suhu rendah sampai -1°C .
2. Menyerap panas agar ikan tetap rendah suhunya sekitar -1°C selama penyimpanan dan menyerap panas dari kebocoran panas dari luar ke dalam air dalam cold storage.

Penerimaan panas total pada cold storage adalah jumlah panas yang diterima melalui sisi permukaan tangki. Koefisien perpindahan panas menyeluruh bagi suatu sisi permukaan storage, atau bagiannya adalah fungsi koefisien perpindahan panas bagian dalam dan tebal serta konduktivitas insulasi, lapisan storage dan sisi permukaan bagian luar.

Beberapa kelebihan dari metode air laut yang didinginkan dalam teknik pengawetan ikan antara lain :

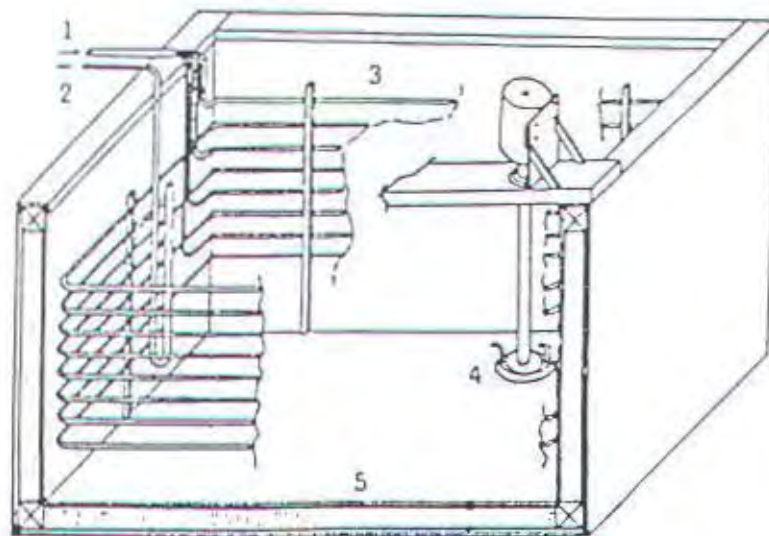
1. Daya awet ikan lebih lama.
2. Ikan lebih kecil mengalami tekanan karena berat dari es yang berada di atasnya.



3. Laju pendinginan berlangsung lebih cepat, karena seluruh permukaan ikan bersentuhan dengan medium pendingin.
4. Penanganan sejumlah besar ikan dapat berlangsung cepat dan mudah.
5. Oksidasi dan ketengikan ikan gemuk (berlemak) dapat dicegah kalau udara dikeluarkan dari sistem sirkulasi.

Disamping banyak hal yang menguntungkan ternyata ada juga keberatan-keberatan terhadap pemakaian RSW ini. Keberatan-keberatan tersebut antara lain, bila terlalu lama disimpan dalam RSW, ikan akan lebih banyak menyerap garam, sehingga mempengaruhi mutu dagingnya; membutuhkan pengawasan yang teliti terhadap sirkulasi air; memerlukan tangki yang kedap air; pengisian ikan terbatas, serta secara reguler air garam perlu diganti. Kebanyakan instalasi yang menggunakan air laut untuk pendinginan ikan, memakai evaporator berbentuk gelungan pipa (pipe coil) bagi permukaan (pipa) yang direfrigerasi. Ukuran dan jenis bahan gelungan pipa tergantung pada penggunaan jenis refrigeran tertentu.

Jika gulungan pipa ditaruh langsung di hadapan dinding sisi tangki air laut, maka pengaturan rongga sebesar 5,1 cm sam pai 7,6 cm antara sisi storage dan gelungan pipa yang memungkinkan sirkulasi air laut yang cepat meliputi gelungan pipa, akan memperbesar perpindahan panas antara gelungan pipa dan air laut yang didinginkan. Di bawah ini merupakan gambar cold storage yang didinginkan dengan metode pendinginan air laut (RSW).



Gambar 2.12 Cold storage dengan metode RSW

2.5.5. Refrigeran

Refrigeran membawa panas dari ruangan yang didinginkan untuk dibuang melalui kondensor. Ada dua macam refrigeran, yaitu refrigeran primer dan sekunder. Refrigeran primer berfungsi dalam daur kompresi uap, sedangkan refrigeran sekunder yang biasa menggunakan cairan anti beku (brines) bekerja sebagai pembawa energi kalor bersuhu rendah dari lokasi yang satu ke lokasi yang lain. Ada beberapa dasar pertimbangan dalam pemilihan jenis refrigeran, yaitu:

- Coefficient of performance (cop)
- Penerapan sistem pendingin mengingat kapasitas pendinginan dan bahaya yang timbul akibat kebocoran.
- Jenis kompresor yang terpasang pada sistem pendingin.
- Biaya perawatan dan pengoperasian mesin pendingin.



- Temperatur buang selama pengoperasian.

Beberapa sifat dan ciri utama dari refrigeran adalah mempunyai titik beku yang jauh lebih rendah daripada setiap suhu yang terdapat pada sistem, panas laten vaporasi refrigeran harus lebih tinggi, tekanan pengembunan rendah, perbedaan tekanan antara sisi tinggi dan sisi rendah adalah serendah mungkin, tidak mudah terurai, terbakar, meledak dalam keadaan gas atau cairan, tidak korosif, tidak beracun, tidak membahayakan manusia, hewan dan tanaman, dan lain-lain.

Jenis refrigeran yang terpakai luas adalah refrigeran (freon) 12, refrigeran 22, dan Ammonia. Refrigeran yang disirkulasikan dalam saluran tempat tertutup di dalam sistem refrigerasi, mengalami beberapa proses yang akan merupakan bagian atau komponen dari sistem.

2.6. Rumus-Rumus Perhitungan Untuk Pemilihan Kompresor

2.6.1. Beban Pendinginan Ikan

Beban pendinginan yang direncanakan harus mampu mendinginkan ikan seberat hasil tangkapan yang diperoleh tiap hari dalam waktu empat jam. Untuk menurunkan suhu ikan sampai pada tingkat suhu yang lebih rendah, maka jumlah panas yang harus diambil dari ikan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{\text{ikan}} = m_{\text{ikan}} \times (T_1 - T_2) \times C_1 \quad (2.1)$$



Jika ikan dibekukan maka juga harus diperhitungkan beban panas laten (h_{if}) dan panas sensible produk di bawah temperatur pembekuan. Panas laten yang harus dihilangkan untuk pembekuan ikan dihasilkan dari persamaan berikut:

$$Q_{ikan} = m_{ikan} \times h_{if} \quad (2.2)$$

Untuk menentukan jumlah panas sensibel yang harus dihilangkan dalam pendinginan produk beku, sama dengan persamaan (2.1), kecuali panas spesifiknya untuk produk beku dan perubahan temperatur dari titik pembekuan sampai temperatur storage akhir, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ikan} = m_{ikan} \times (T_2 - T_3) \times C_2 \quad (2.3)$$

Dimana: Q_{ikan} : panas yang dihilangkan, kcal/jam

m_{ikan} : massa produk yang didinginkan per jam, kg/jam

$T_1 - T_2$: perubahan temperatur produk di atas titik pembekuan
sampai

temperatur akhir, °C

$T_2 - T_3$: perubahan temperatur produk dari titik pembekuan
sampai

temperatur akhir, °C

C_1 : panas spesifik produk di atas pembekuan, kJ/kg.°C

C_2 : panas spesifik produk di bawah pembekuan, kJ/kg.°C



2.6.2. Beban Pendinginan Air Laut

Air merupakan medium utama dalam pendinginan ikan dengan cara *Refrigerated Sea Water (RSW)*, karena panas dari ikan dipindahkan atau diambil oleh air laut yang dingin tersebut. Air laut didinginkan dari suhu 30°C sampai dengan 1°C, karena air laut umumnya yang mempunyai kandungan garam 3,5% akan membeku pada suhu 2°C, sehingga air laut yang didinginkan jangan sampai membeku. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{\text{air laut}} = m_{\text{air laut}} \times \Delta T \times C_{p \text{ air laut}} \quad (2.4)$$

Dimana : $m_{\text{air laut}}$: massa air laut per jam, kg/jam

$$= \frac{m_{\text{ikan}}}{4} \quad (\text{perbandingan ikan dan air laut} = 4 : 1)$$

ΔT : perubahan temperatur air laut dari temperatur awal sampai

temperatur akhir, °C

$C_{p \text{ air laut}}$: panas spesifik air laut, kJ/kg.°C

2.6.3. Beban Panas Transmisi

Pada saat sejumlah ikan ditempatkan di dalam palkah maka panas dari luar mengalir ke dalam palka. Banyaknya panas yang bertransmisi melalui palka tergantung pada empat factor, yaitu luas sisi-sisi serta tutup dan alas, tebal setiap sisi palka, material dari palka, dan selisih suhu antara luar dan dalam palka. Jumlah panas tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{\text{transmisi}} = U \times A \times (T_1 - T_2) \quad (2.5)$$



Dimana: $Q_{transmisi}$: laju aliran panas ke dalam palka, kcal/jam

A : luas permukaan sisi atau tutup, m^2

T_1 : suhu udara luar, $^{\circ}C$

T_2 : suhu pada sisi dinding, $^{\circ}C$

U : koefisien konduktifitas termal material tiap jam,
 $kcal/jam.m^2.^{\circ}C$

Sedangkan:
$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_1}$$

Dimana: h_0 : koefisien perpindahan panas bagian luar, $kcal/jam.m^2.^{\circ}C$

x_1, x_2 : tebal plat sisi kulit kapal, m

k_1, k_2 : konduktifitas plat sisi kulit kapal, $kcal/jam.m.^{\circ}C$

h_1 : koefisien perpindahan panas bagian dalam,
 $kcal/jam.m^2.^{\circ}C$

Beban panas transmisi total = $Q_{deck} + Q_{side\ wall} + Q_{floor} + Q_{sekat\ depan} + Q_{sekat\ belakang}$.

2.6.4. Beban Udara Infiltrasi

Pada waktu pintu *cold storage* dibuka, maka udara dari luar akan masuk. Entalpi atau kandungan panas udara ini lebih besar dari pada ruang *cold storage*. Perbedaan antara entalpi udara yang masuk dan entalpi ruangan ini merupakan beban panas yang harus dihilangkan dari *cold storage*. Termasuk dalam beban ini adalah panas sensibel udara infiltrasi dan panas laten dari pengkondensasian uap



air dalam udara. Untuk mengetahui volume udara yang masuk ke dalam *cold storage*, harus mengetahui volume cold storage dan angka perubahan udara dari lampiran G, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{ft}^3 \text{ udara} = k \times V \quad (2.6)$$

Dimana: k : angka perubahan udara

V : volume ruang, ft^3

Dengan mengetahui kondisi udara luar (temperatur dan kelembaban relatif), maka dapat diketahui panas yang harus dihilangkan, dapat dicari dari tabel yang ada dalam lampiran G. Kemudian beban panas yang harus dihilangkan dari udara yang berinfiltrasi, dapat dirumuskan sebagai berikut (*Untung Budiarto, 1998*):

$$Q_{\text{infiltrasi}} = \text{ft}^3 \text{ udara} \times \gamma \quad (2.7)$$

Dimana: $Q_{\text{infiltrasi}}$: beban infiltrasi, kcal/jam

γ : angka kondisi luar, Btu/ft^3

2.6.5. Beban Panas Matahari

Sebagian dari energi matahari dipantulkan dan sisanya diserap oleh dinding yang terkena cahaya matahari. Energi yang diterima ini sebagian dikonversikan dan sebagian diradiasikan kembali ke luar. Sisanya yang diserap diteruskan ke dalam dengan cara konduksi atau sementara disimpan di dalam dinding.

Untuk menyelesaikan pengaruh penyimpanan termal, telah dirumuskan suatu beda temperatur ekuivalen yang disebut *beda temperatur beban pendinginan*



(Cooling Load Temperatur Difference, CLTD) untuk penampang-penampang dinding dan atap yang umum digunakan.

Perolehan kalor (beban panas) baik melalui dinding maupun atap dirumuskan dengan:

$$Q_m = U \times A \times (CLTD)$$

Dimana: U : Koefisien konduktifitas termal material tiap jam,
 $\text{kcal/jam.m}^2.^{\circ}\text{C}$

A : Luas permukaan, m^2

CLTD : Beda Temperatur Beban Pendinginan, $^{\circ}\text{K}$

$$CLTD = CLTD + (25 - T_2) + (T_1 - 29)$$

T_1 : Temperatur di dalam cold storage, $^{\circ}\text{C}$

T_2 : Temperatur udara luar, $^{\circ}\text{C}$

Maka beban panas matahari total:

$$Q_{mTot} = Q_{mDinding} + Q_{mAtap}$$



2.6.6. Beban Pendinginan Total

Beban pendinginan total merupakan jumlah keseluruhan dari beban-beban yang ada, yaitu:

$$Q_{total} = Q_{ikan} + Q_{air laut} + Q_{transmisi} + Q_{infiltrasi} + Q_{matahari} \quad (2.8)$$



Beban pendinginan total inilah yang harus diambil dari dalam *cold storage* oleh sistem pendingin. Jadi sistem harus menghasilkan kapasitas sebesar beban pendinginan total tersebut.

2.6.7. Penentuan Daya dan Kapasitas Kompresor Ideal

Besarnya laju massa refrigeran tiap jam di dalam sistem merupakan kapasitas refrigerasi dibagi efek atau dampak refrigerasi, yaitu:

$$m = \frac{Q_c}{h_1 - h_4} \quad (2.9)$$

Besarnya panas yang harus dikeluarkan oleh kondensor untuk setiap 1 kg sirkulasi refrigeran adalah:

$$q_{cd} = h_2 - h_3 \quad (2.10)$$

Laju panas yang dikeluarkan oleh kondensor pada setiap jam tiap kJ kapasitas refrigeran adalah:

$$Q_{cd} = m \times q_{cd} \quad (2.11)$$

Kerja kompresor untuk setiap 1 kJ sirkulasi refrigeran adalah:

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (2.12)$$

Daya kompresor yang dibutuhkan untuk mensirkulasikan refrigeran adalah:

$$P_i = m \times q_w \quad (2.13)$$

Panas yang harus diambil oleh evaporator untuk setiap kg sirkulasi refrigeran adalah:



$$q_{ev} = h_1 - h_4 \quad (2.14)$$

Coefficient of Performance (COP) dari sistem adalah:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.15)$$

Kapasitas kompresor yang dibutuhkan untuk mensirkulasikan panas refrigeran yang diambil oleh evaporator adalah:

$$Q_i = m \times q_{ev} \quad (2.16)$$

Dimana: m : Laju massa refrigeran, kg/jam

Q_e : Kapasitas refrigerasi (Q beban pendinginan total), kJ/jam

q_{cd} : Panas yang harus dikeluarkan oleh kondensor, kJ/kg

Q_{cd} : Laju panas yang dikeluarkan oleh kondensor, kJ/jam

q_w : Kerja kompresor untuk tiap 1 kJ refrigeran, kJ/kg

P_i : Daya kompresor untuk sirkulasi refrigeran, kJ/jam

q_{ev} : Panas yang harus diambil oleh evaporator untuk setiap kg sirkulasi refrigeran, kJ/kg

Q_i : Kapasitas kompresor, Btu/jam

h_1 : Entalpi refrigeran dititik 1, kJ/kg

h_2 : Entalpi refrigeran dititik 2, kJ/kg

h_3 : Entalpi refrigeran dititik 3, kJ/kg

h_4 : Entalpi refrigeran dititik 4 kJ/kg



2.6.8. Perhitungan Beban dengan menggunakan Pendinginan Es

Jumlah kebutuhan es secara teoritis untuk mendinginkan ikan dari temperatur ruangan sebesar $T_f^{\circ}\text{C}$ menjadi 0°C dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut

$$L \cdot m_i = m_f \cdot cpf \cdot (T_f - 0)$$

dimana :

L = latent heat of fusion of ice (80 kcal/kg)

m_i = massa es yang diperlukan untuk menjadi es (kg)

m_f = massa ikan yang diperlukan untuk didinginkan (kg)

cpf = specific heat capacity of fish (kcal/kg . $^{\circ}\text{C}$)

Dari persamaan diatas maka :

$$m_i = m_f \cdot cpf \cdot T_f / L$$

Kapasitas spesifik heat untuk lean fish sekitar 0,8 (kcal/kg . $^{\circ}\text{C}$). yang merupakan pendugaan pertama, sehingga :

$$m_i = m_f \cdot T_f / 100$$

untuk fatty fish mempunyai nilai cpf yang lebih rendah dibandingkan dengan lean fish, dan secara teoritis akan membutuhkan lebih kecil es per kilogram dibandingkan dengan lean fish; namun untuk keamanannya dalam perhitungan kita asumsikan ikan selalu lean.



Dalam prinsipnya, energi balance antara energi yang diambil dari es dengan yang dikompensasikan dengan panas dari luar kontainer dapat diekspresikan sebagai berikut

$$L.(dM_i/dt) = U \cdot A \cdot (T_e - T_i)$$

Dimana :

M_i = massa dari es yang meleleh akibat kerugian panas

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh
(kcal/hour.m².°C)

A = luasan permukaan dari kontainer

T_e = temperatur luar

T_i = temperatur es (biasanya diambil 0 °C)

t = waktu (jam)

Persamaan diatas dapat dengan mudah diintegrasikan (diasumsikan T_e = konstan) dan hasilnya dapat ditunjukkan sebagai :

$$M_i = M_{i0} \cdot (U \cdot A \cdot T_e / L) \cdot t$$

Meskipun memungkinkan untuk memperkirakan kerugian panas, menghitung U dan mengukur A , namun jenis penghitungan ini akan jarang



menghasilkan jumlah kebutuhan es yang akurat karena faktor-faktor dalam praktek (seperti kekurangan data yang dapat diandalkan mengenai material dan kondisi, ketidak teraturan dalam konstruksi dari kontainer, efek radiasi, tipe dari stack dll)

Untuk lebih akuratnya perhitungan kebutuhan es dapat dibuat dengan menggunakan test pelelehan es yang akan berguna untuk menentukan koefisien perpindahan panas keseluruhan dari box atau kontainer, dalam kondisi kerja sebenarnya

Tes pelelehan ikan sangat mudah untuk dilaksanakan dan tidak memerlukan adanya ikan. Kontainer diisi dengan es dan kontainer ditimbang, pada jangka waktu yang telah ditentukan air yang meleleh dikeluarkan dan kontainer ditimbang kembali. Pengurangan berat mengindikasikan es yang hilang akibat kerugian panas.

Pertama-tama sejumlah es akan meleleh untuk mendinginkan dinding kontainer dimana es yang meleleh akan tergantung dari ukuran relatif dan berat kontainer kontainer, material dinding dan ketebalan dinding, dimana jumlah dari thermal loss akibat mendinginkan dulu dinding ini biasanya diabaikan, namun bila ternyata tidak bisa diabaikan kita dapat mendinginkan terlebih dahulu dinding. Konstan temperatur akan dicapai selama interval antara kehilangan berat dan rata-rata yang digunakan didalam perhitungan.

Hasil yang diperoleh dari percobaan, bila kemudian diekspresikan dalam rumus :

$$M_i = M_o - K_c t$$



$$K = (U_{ef} \cdot A_{ef} \cdot T_e / L)$$

Dimana :

U_{ef} = koefisien efektif perpindahan panas menyeluruh

A_{ef} = luasan permukaan efektif

Merupakan hal yang penting untuk daerah tropis, dimana es yang dikonsumsi dalam kontainer akan meningkat ketika ter ekspos sinar matahari.

Korelasi untuk kontainer yang terekspos di sinar matahari adalah :

$$M_i = 9,62 - 3.126.t$$

Ini berarti bahwa untuk kondisi ini dan untuk tipe dari kontainer ini, konsumsi es pada saat terekspos matahari 2,75 kali bila dibandingkan dalam kondisi mendung.

Dalam susunan kotak atau kontainer, tidak semua dari mereka akan kehilangan es dengan cara yang sama.

Kotak yang berada diatas akan mengkonsumsi lebih banyak es dibandingkan dengan kotak yang berada dibawah dan kotak yang berada ditengah akan mengkonsumsi es paling sedikit.

2.7. BIAYA OPERASI KAPAL

Dalam pengoperasian sebuah armada kapal maka perlu diketahui berapa besar biaya yang akan menunjang operasi kapal. Aspek biaya dalam



pengoperasian kapal biasanya dipengaruhi oleh waktu pelayaran, jumlah muatan yang diangkut, dan katagori pelabuhan yang disinggahi.

Diketahui bahwa suatu analisa ekonomi yang menghasilkan biaya operasi lebih kurang dari pada sebelumnya disebut kapal tersebut menguntungkan. Akan tetapi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan kelayakkan suatu analisa ekonomi yaitu antara lain :

- bagaimana sumber investasi dan jangka panjang waktu pengembaliannya, agar tidak menjadi halangan dikemudian hari.
- Bagaimana peramalan biaya operasi kapal pada masa yang akan datang, dimana akan dipengaruhi oleh pertumbuhan harga bahan bakar, infalsi, saingan dsb.
- Bagaimana tingkat pertumbuhan volume barang yang akan diangkut.

Berdasarkan hal diatas, maka pemodelan dari biaya operasi kapal dapat dirumuskan, yang ditunjang dengan data-data dari biaya yang terjadi pada operasi kapal.

2.7.1. Dasar-dasar perhitungan

Pada dasarnya pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan pengoperasian sebuah kapal dalam pelayaran niaga dapat dibedakan dalam dua katagori, biaya tetap (fix cost) dan biaya tidak tetap (variable cost).



2.7.1.1. Biaya tetap (fix cost)

Pada umumnya fixed cost dinyatakan sebagai biaya-biaya yang jumlahnya relatif konstan selama kegiatan berlangsung dan tidak tergantung dari tingkat kegiatan yang dicapai. Dalam pengoperasian sebuah kapal fixed cost meliputi komponen-komponen pembiayaan seperti : crew cost, maintenance/repair cost, asurance cost, investasi, biaya penyusutan.

- Biaya anak buah kapal (crew cost)

Crew cost merupakan komponen-komponen yang harus dikeluarkan sehubungan dengan bekerjanya manusia dalam sebuah kapal. Pada umumnya crew cost ini meliputi : gaji, biaya makanan, biaya tunjangan sosial seperti tunjangan kesehatan ABK, biaya premi dan biaya lembur ABK.

- Biaya pemeliharaan dan perbaikan

Untuk menjaga agar kapal selalu dalam kondisi laik laut, maka perlu diperhatikan adanya pemeliharaan dan reparasi pada bagian-bagian tertentu. Pemeriksaan kapal harus dilakukan pada waktu-waktu tertentu secara berkala, tetapi pada kenyataannya sering dijumpai adanya penundaan pemeriksaan tersebut.

Secara umum biaya pemeliharaan dan perbaikan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Biaya pemeliharaan dan perbaikan} = \frac{P_{11} + P_{10} \times C_w}{P_9} \quad (\text{Rp/jam})$$



Dimana : p_9 = total waktu dari periode pemeliharaan (jam)

p_{10} = jumlah jam maintenance (jam)

p_{11} = jumlah harga material maintenance

C_w = upah pegawai

- Biaya asuransi

Biaya asuransi merupakan komponen biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini yang berbentuk kepada pembayaran premi asuransi kapal, besarnya tergantung harga pertanggungan dan umur kapal hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko dapat dibebankan melalui claim pada perusahaan asuransi tersebut.

Secara umum biaya asuransi dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$\text{Biaya asuransi} = \frac{ais}{100} \times C_{inv}$$

Dimana : ais = premi asuransi

C_{inv} = biaya investasi

- Biaya investasi

Biaya investasi merupakan biaya yang paling awal yang dikeluarkan sehubungan dengan pengadaan kapal. Biaya investasi awal ini biasa merupakan komponen yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan biaya-biaya lainnya.



- **Biaya Penyusutan**

Biaya penyusutan merupakan biaya yang dicadangkan karena adanya penyusutan nilai kapal akibat bertambah umur ekonomis kapal.

2.7.1.2. Biaya berubah

Biaya berubah berbeda dengan biaya tetap karena besarnya yang berubah-ubah sesuai dengan ton mile produced, karenanya biaya berubah akan meliputi komponen-komponen pembiayaan sebagai berikut :

- **Biaya bahan bakar**

Fuel cost merupakan komponen pembiayaan yang harus dikeluarkan sehubungan dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan selama pengoperasian kapal. Komponen biaya ini sangat dipengaruhi oleh ukuran dan tipe mesin penggeraknya (yang berhubungan dengan ukuran kapal dan kecepatan kapal tersebut) serta sangat dipengaruhi oleh lama pelayaran dari kapal yang dioperasikan.

- **Biaya minyak pelumas**

Biaya ini merupakan komponen pembiayaan yang harus dikeluarkan sehubungan dengan konsumsi minyak pelumas untuk keperluan mesin



induk maupun mesin bantu kapal. Besarnya biaya ini tergantung pada kebutuhan konsumsi minyak pelumas.

- Biaya kebutuhan air tawar

Biaya ini merupakan komponen biaya yang harus dikeluarkan sehubungan kebutuhan air tawar untuk ABK maupun untuk pendingin mesin induk selama kapal beroperasi, besarnya kebutuhan ini tergantung dari jarak dan lama pelayaran.

- Biaya pelabuhan

Biaya pelabuhan adalah komponen pembiayaan yang harus dikeluarkan sehubungan dengan kapal memerlukan penggunaan jasa beserta fasilitasnya pada saat kapal berlabuh untuk menaikkan atau menurunkan muatan.

2.7.2. FAKTOR BUNGA DALAM PENGELUARAN

Pada umumnya dalam penyelesaian permasalahan ekonomis akan melibatkan serta menentukan mana yang terekonomis dalam jangka panjang. Dalam permasalahan seperti tersebut perlu untuk mengenal nilai waktu dari uang, karena terdapatnya bunga.



Suku bunga dapat terdefinisikan sebagai uang yang dibayarkan untuk penggunaan uang yang dipinjam, secara luas bunga dapat diartikan sebagai pengembalian yang bisa diperoleh dari investasi modal yang produktif.

Sementara itu, tingkat suku bunga merupakan rasio antara bunga yang dibebankan atau dibayarkan diakhir waktu, biasanya satu tahun atau kurang, dan uang yang dipinjam pada awal periode itu.

2.7.2.1. Rumus-rumus Bunga

Simbol-simbol yang dipergunakan dalam rumus bunga adalah :

i = tingkat suku bunga per periode bunga

n = jumlah periode bunga

P = jumlah uang sekarang

F = jumlah uang pada akhir n periode dari saat sekarang yang ekuivalen dengan P dan bunga i .

A = pembayaran pada akhir periode atau penerimaan dalam seri yang uniform yang berlanjut untuk n periode mendatang, seri seluruhnya ekuivalen dengan P pada tingkat bunga i .

Adapun rumus-rumusnya sebagai berikut :

➤ $(F/P, i\%, n)$ faktor jumlah majemuk pembayaran tunggal

$$F = P (1 + i)^n$$

➤ $(P/F, i\%, n)$ faktor jumlah sekarang pembayaran tunggal



$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

⇒ (A/F , $i\%$, n) faktor penyimpanan dana

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

⇒ (A/P , $i\%$, n) faktor pengembalian modal

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

⇒ (F/A , $i\%$, n) faktor jumlah majemuk seri uniform

$$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

⇒ (F/P , $i\%$, n) faktor nilai sekarang seri uniform

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

2.7.3. METODA ANALISA EKONOMI DAN FINANSIAL

Pada pelaksanaan suatu proyek misalnya perencanaan sebuah kapal, tidak dapat dilaksanakan begitu saja, halini memerlukan proses pemikiran yang lama hingga terwujudnya perencanaan terssebut.

Adapun proses pemikiran tersebut meliputi ;

- apakah proyek tersebut mungkin dilakukan
- bagaimana pengadaan dana
- apakah menguntungkan atau tidak



- bagaimana prospek proyek tersebut

Pada suatu analisa kelayakan dalam proyek tidak akan lepas dari permasalahan mengenai keuntungan dan kerugian. Untuk proses berikutnya akan dicari berapa jumlah keuntungannya, dimana dapat berupa keuntungan ekonomi ataupun keuntungan sosial. Dari segi ekonomi keuntungan tersebut diwujudkan dalam bentuk satuan uang.

Terdapat dua tipe keputusan investasi pemilihan yang diambil atas dasar pertimbangan-pertimbangan ekonomis, yaitu :

1. hanya melibatkan biaya-biaya
2. melibatkan biaya-biaya dan pendapatan-pendapatan sekaligus

Untuk dapat memilih yang paling ekonomis diantara dua atau lebih perencanaan, pendapatan-pendapatan dan/atau biaya-biaya setiap perencanaan harus dibandingkan satu sama lain.

Sementara itu terdapat beberapa cara dalam menilai Kelayakan Investasi yaitu :

1. metoda nilai tahunan, dengan tingkat bunga minimum menguntungkan i yang ditentukan sebelumnya sebagai tingkat suku bunga.
2. metoda nilai sekarang, dengan tingkat bunga minimum yang menguntungkan i yang telah ditentukan sebelumnya sebagai tingkat suku bunga.
3. metoda nilai yang akan datang, dengan tingkat bunga yang dihitung dibandingkan dengan tingkat bunga minimum i yang telah ditentukan.



4. analisa break even.

Untuk menentukan satu pilihan perencanaan yang paling ekonomis dengan menggunakan metoda break-even, kita harus mendapatkan titik break-even yang kondisi operasi dimana dua alternatif akan sama-sama ekonomis.



BAB III

POTENSI IKAN TUNA DI SAMUDRA HINDIA

Sejak tahun 1950, produksi tangkapan ikan tuna mengalami peningkatan. Luasnya wilayah geografi dimana tuna dapat diperoleh dan nilai jual yang tinggi dari tuna secara perlahan meningkatkan arti penting dari ikan tuna baik secara politis maupun ekonomis terhadap berbagai macam aktivitas komersial yang berkaitan dengan group spesies ini.

Nelayan tradisional telah lama melakukan eksploitasi terhadap spesies tuna maupun seperti tuna (tuna likes species) sekarang untuk tangkapan tuna, lebih dari 80% aktivitasnya dilakukan di Eastern India Ocean.

Nelayan Komersial untuk tuna dan tuna like species memulai operasi pada awal 1950-an dan berkembang secara bertahap. Teknik penangkapan ikan yang pertama dilakukan adalah dengan long lining, dilakukan terutama oleh Jepang, Taiwan dan Republik Korea. Metode yang berkembang selanjutnya adalah pole-and-line. Selanjutnya metode yang paling pesat berkembang adalah purse seiner.

3.1. Spesies utama dari tuna

3.1.1. Tuna Besar

Spesies ini kebanyakan berukuran besar dan dapat ditemukan pada oceanic habitat. Mereka terutama dieksploitasi oleh nelayan komersial

Jenis-jenis yang sering ditemukan :

1. Katsuwonus pelamis (skipjack tuna)



2. *Thunnus albacares* (yellowfin tuna)
3. *Thunnus obesus* (bigeye tuna)
4. *Thunnus alalunga* (albacore)
5. *Thunnus maccoyii* (southern bluefin tuna)

3.1.2. Tuna Kecil

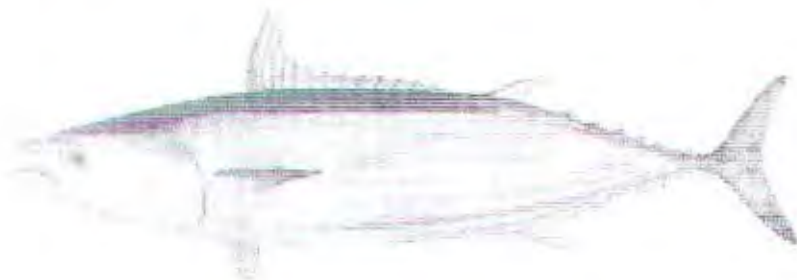
Spesies ini pada umumnya berukuran lebih kecil dan biasanya ditemukan dekat dengan pantai. Mereka terutama di eksploitasi oleh nelayan tradisional.

Jenis-jenis yang sering ditemukan :

1. *Euthynnus affinis* (eastern little tuna or kawakawa)
2. *Auxis thazard* (frigate tuna)
3. *Thunnus tonggol* (longtail tuna)

A. Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*

Skipjack tuna terutama ditangkap dengan menggunakan surface gear (purse seine dan pole-and-line). Tangkapan dunia untuk jenis ini mendekati 1 milyar ton pada 1984, atau mendekati 50 % dari total tangkapan tuna besar. Di Samudra Hindia, karena perkembangan penggunaan surface gear yang lebih lambat, tangkapan pada tahun 1985 hanya sebesar 150.000 ton, spesies ini tersebar diseluruh samudra hindia dan merupakan spesies penting yang dapat dieksploitasi.

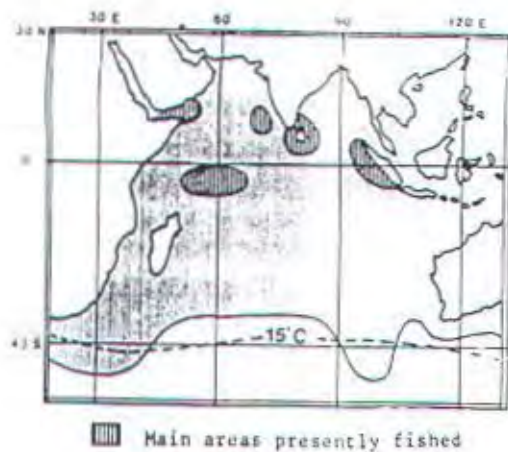


Gambar 3.1. *Katsuwonus pelamis*

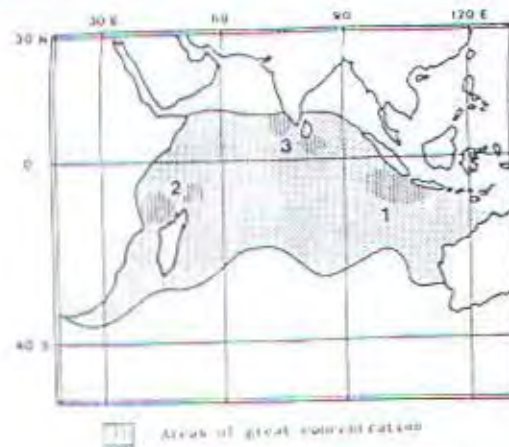


Gambar 3.2 Penyebaran katsuwonus pelamis

Skipjack tuna ditemukan disemua intertropical water, peta jepang membuat plot dari hasil tangkapan longline dan pole-and-line, menunjukkan bahwa spesies ini dapat ditemukan sepanjang samudra hindia dari 40°S - 45°S . Larva dari skipjack tuna dapat ditemukan di hampir semua bagian dari samudra hindia, dari 36°S pada bagian barat sampai 30°S pada bagian timur.



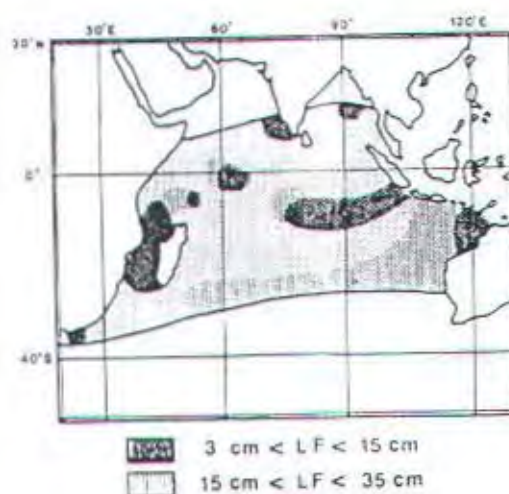
Gambar 3.3 Distribusi Skipjack dan Main Fishery Area



Skipjack larvae distribution and areas of great concentration:

- 1) in February, minimum concentration in July-August (Yabe and Ueyanagi, 1962);
- 2) Northwest Madagascar (Conand and Richards, 1982);
- 3) (Jones, 1959; Raju, 1964)

Gambar 3.4. Distribusi Larva Skipjack dan Wilayah yang berkonsentrasi besar



Gambar 3.5. Distribusi dari skipjack muda



Skipjack tuna merupakan spesies yang hetero seksual, panjang skipjack tuna pada perkawinan pertama antara 40cm sampai dengan 50cm.

Makanan utama dari skipjack tuna adalah shellfish, ikan dan moluska, akan mencapai ukuran 34 cm dalam 1 tahun, 45 cm dalam 1,5 tahun, 52 cm pada tahun ke 2 dan 56 cm pada tahun ke 3. Untuk ukuran >60 cm umur dari skipjack tuna tidak dapat dipastikan.

Berdasarkan hasil tangkapan yang didapat dengan metode pole-and-line sepanjang barat daya pantai madagaskar diperoleh kesimpulan bahwa species skipjack tuna didominasi oleh betina dengan rata-rata sex-ratio untuk keseluruhan periode 0,83:1 (jantan:betina)

Gambar 3.8 mengilustrasikan ukuran dari skipjack tuna yang ditangkap di Samudra Hindia. Ukuran bervariasi tergantung dari teknik penangkapan ikan yang diterapkan. Ikan yang ditangkap dengan long lining pada air laut dalam pada umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan metode penangkapan trolling, pole-and-line maupun purse seine pada perairan dangkal.

AUTHORS	Areas	Fishing Technique	Sizes						
			20	30	40	50	60	70	80 90 cm
Sivasubramanian 1965	West coast of Sri Lanka	Trolling							
	East coast of Sri Lanka	Trolling & Pole line							
	South coast of Sri Lanka	Gillnetting							
Sivasubramanian 1975	Sri Lanka	All gears							
		Pole-6-line (Japanese)							
Jones and Silas 1963	Laccadive Islands	Artisanal surface fisheries							
Marcille and Suzuki, 1974	South Indonesia	Longlining (Japanese)							
	Central east Indian Ocean								
	Central west Indian Ocean								
	Gulf of Bengal								
Marcille and Stéquert, 1976	Northwest coast of Madagascar	Pole-and-line (Japanese)							
Cort, 1984	EEZ Seychelles	Pole-and-line (Spanish)							
Marsac and Potier, 1984	Western Indian Ocean	Purse-seining, 1982-1983							
Marsac and Hallier, 1985	International waters	Purse-seining 1984							

Gambar 3.8. Ukuran skipjack yang ditangkap di beberapa wilayah samudra hindia



B. Yellowfin tuna, Thunnus albacares

Species ini merupakan tangkapan terbesar kedua dalam tangkapan tuna dunia, sekitar 610.000 ton ditangkap pada 1984 sedangkan di Samudra Hindia tangkapan sekitar 100.000 ton pada tahun 1985. spesies ini merupakan salah satu dari target utama long liner sebagai mana armada commercial surface yang lain.



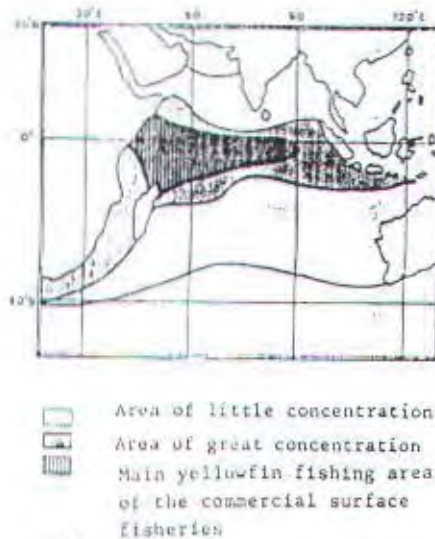
Gambar 3.9, Yellowfin tuna (Tunnus albacares)

Yellowfin tuna terdistribusi secara luas di Samudra Hindia (gambar 3.10), namun di selatan Australia dimana pengaruh dari arus air dari antartika terasa yellowfin tuna tidak ditemukan. Juga tidak terdapat banyak di utara laut Arab (gulf of oman) dan di selatan gulf of aden. Yellowfin muda terkonsentrasi permukaan air dekat katulistiwa (10°N sampai 10°S) dimana mereka dapat ditangkap dengan metode purse-seining oleh nelayan komersial maupun oleh nelayan tradisional dengan menggunakan teknik pole-and-line dan trolling. Untuk ikan dewasa lebih tersebar ke kedalaman sampai dengan 150 m. Tapi juga ditemukan pada kedalaman yang lebih besar dan biasanya ditangkap dengan long lining maupun purse-seining.

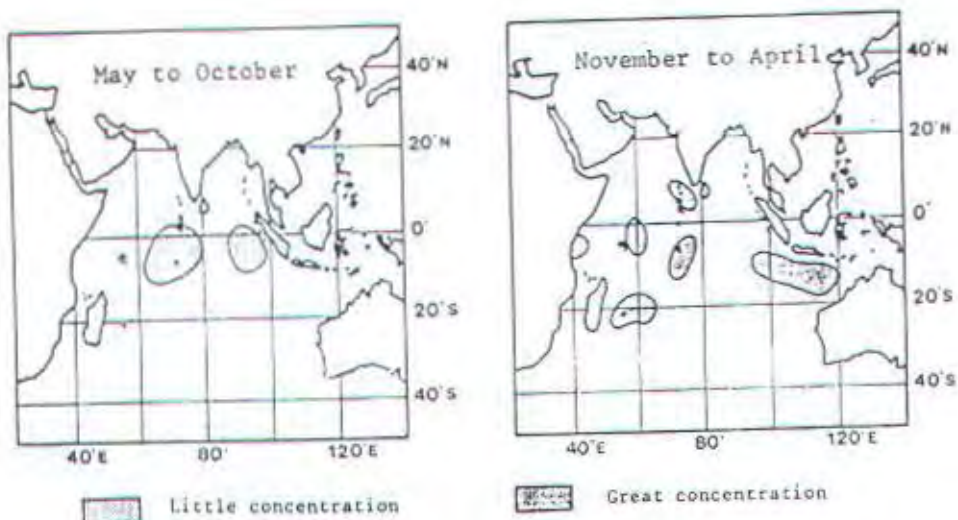
Konsentrasi larva terbesar ditemukan pada November sampai April, selatan jawa, maldives, chagos islands dan madagaskar (gambar 3.11). Larva juga



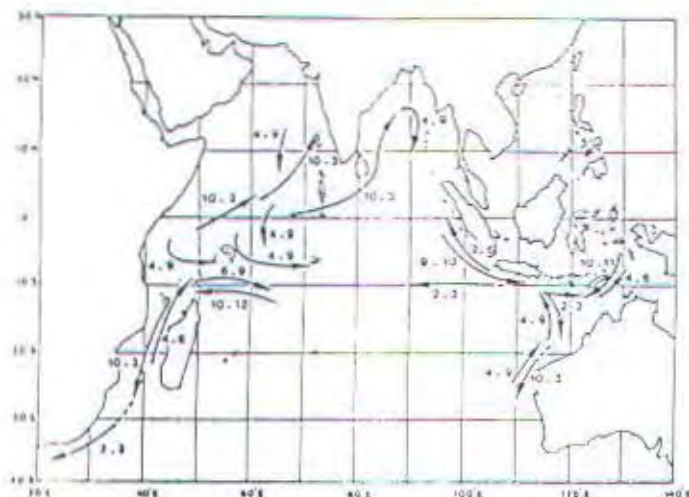
ditemukan di barat sumatra dan sekitar Chagos pada bulan mei sampai oktober, namun dalam jumlah yang lebih kecil.



Gambar 3.10. Distribusi yellowfin tuna



Gambar 3.11. Distribusi larva yellowfin

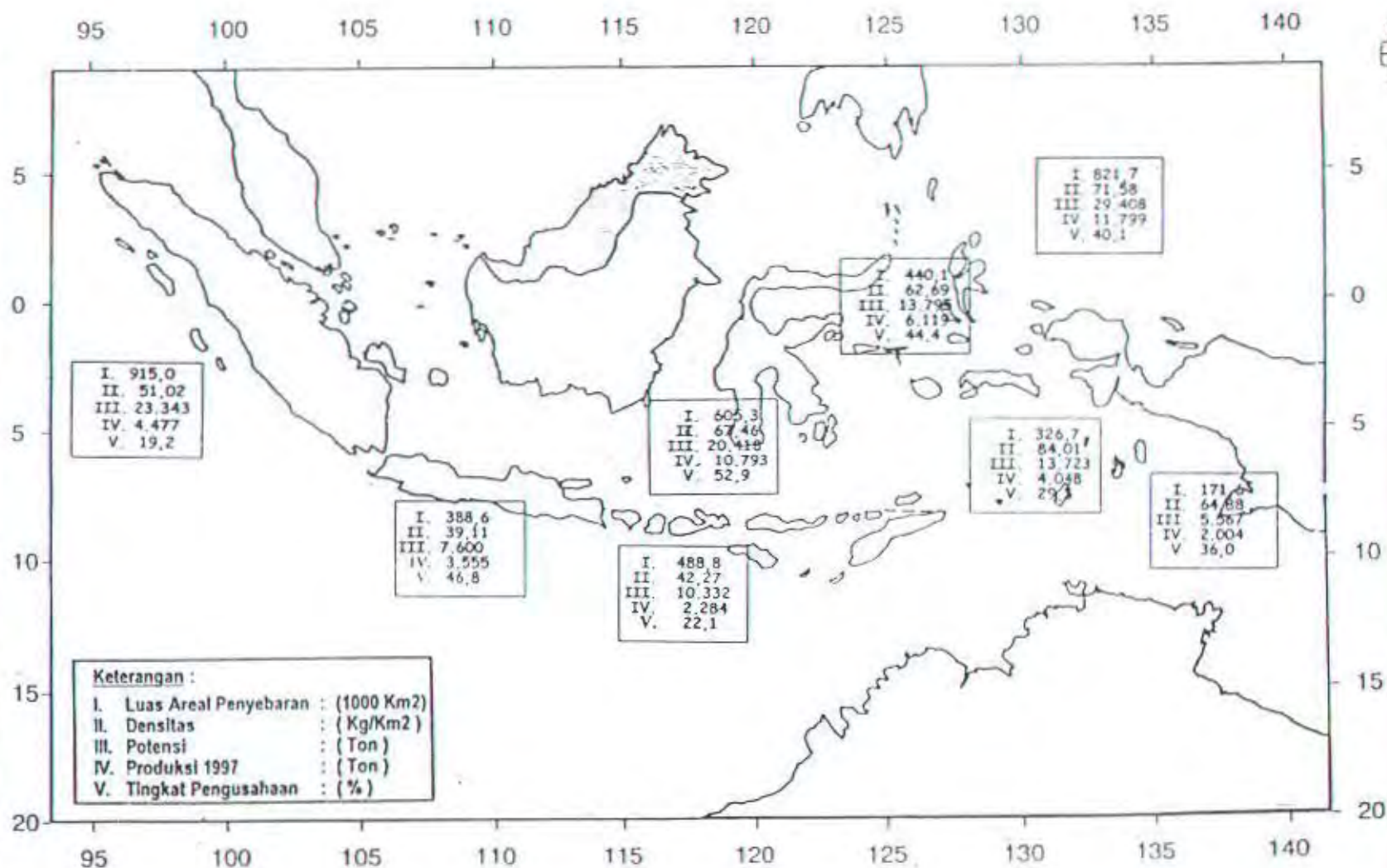


Gambar 3.12. Yellowfin migration chart

Size class (FL in cm)	Average monthly growth rate (cm/month)
35 – 90	1.3)
39 – 57	1.6 (...2.0
57 – 76	3.1)
76 – 88	4.0)
88 – 101	4.3)
101 – 134	3.9)....3.0
134 – 139	1.7 (
139 – 143	1.3)

Tabel 3.1. Rata-rata pertumbuhan yellowfin

Gambar 3.13. Potensi sumber daya Thunnus Albacares, berdasarkan wilayah pengelolaan





C. Bigeye, Thunnus obesus

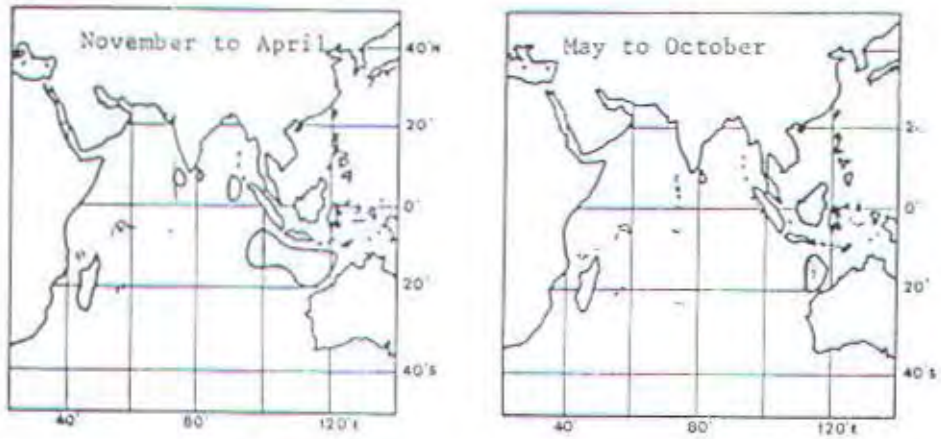
Tangkapan big eye di samudra hindia sebanyak 40000 ton pada tahun 1984 yang merupakan 20% dari total tangkapan dunia untuk spesies ini. Bigeye merupakan target utama untuk Asian longliners yang menangkap bigeye besar yang berenang di kedalaman. Untuk ukuran yang lebih kecil biasanya dapat ditangkap dengan pole-and-line atau dengan purse-seining. Bigeye sangat mirip dalam penampakan dengan yellowfin terutama pada saat masih muda.



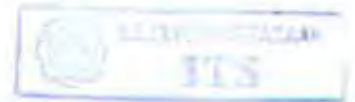
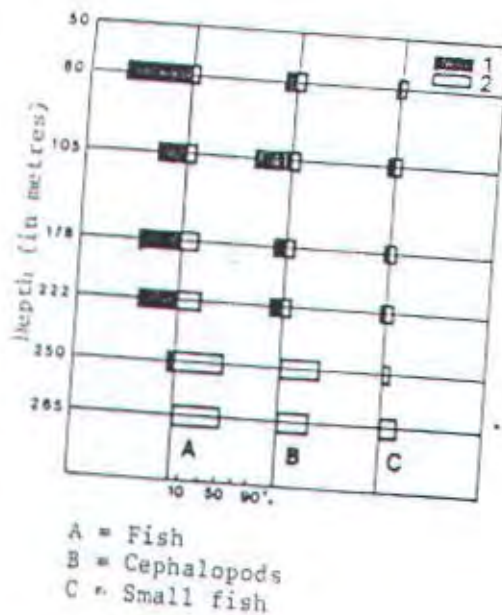
Gambar 3.14. Bigeye (Thunnus Obesus)

Bigeye, sebagaimana yellowfin terdapat pada intertropical zone, Juga terdapat pada daerah sub tropis dimana temperatur air lebih rendah. Bigeye terdapat pada kedalaman air laut yang lebih dalam, gerombolan bigeye seringkali ditemukan pada kedalaman 50 m sampai dengan 100 m.

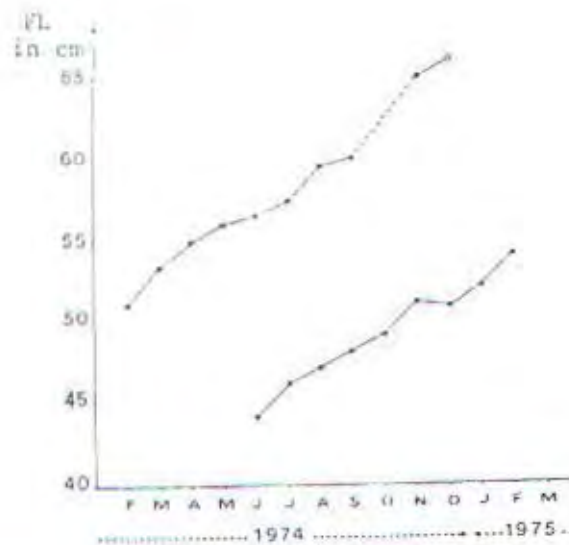
Konsentrasi larva paling banyak terdapat di selatan pulau jawa. Dari pengamatan terhadap isi perut bigeye dewasa menginformasikan bahwa bigeye muda ditemukan hanya pada 10°N sampai 10°S saja. (Sekitar katulistiwa).



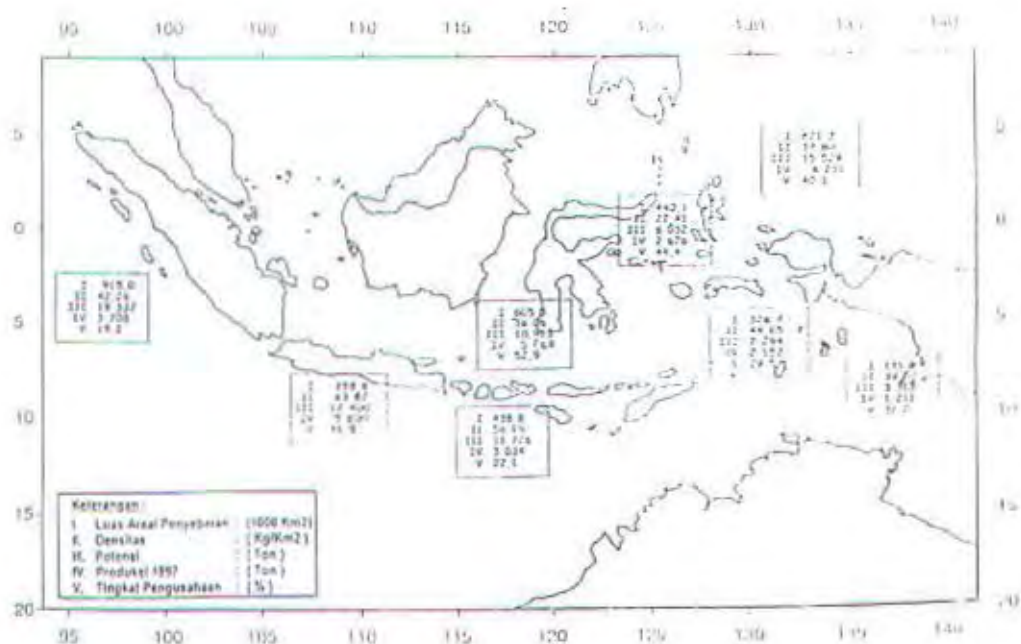
Gambar 3.15. Distribusi larva bigeye



Gambar 3.16. Yellowfin (1) dan Bigeye (2) feeding history chart berdasarkan kedalaman



Gambar 3.17. Ukuran bulanan dari bigeye yang ditangkap dengan menggunakan metode pole-and-line



Gambar 3.18. Potensi sumberdaya ikan Thunnus Obesus berdasarkan wilayah pengelolaan



Hubungan antara umur dan besar dari bigeye jantan dan betina mempunyai perbedaan dan dapat didekati dengan perumusan :

$$\text{Jantan : } L_t(\text{cm}) = 209.8 (1 - e^{-0.171(t-0.86)})$$

$$\text{Betina : } L_t(\text{cm}) = 423.0 (1 - e^{-0.058(t-1.773)})$$

D. Albacore, Thunnus alalunga

Albacore ditemukan di wilayah tropis maupun subtropis pada berbagai lautan. Teknik yang dipergunakan untuk menangkap albacores dewasa adalah dengan longlining, dan untuk menangkap albacores muda dengan menggunakan purse seining dan trolling. Pada tahun 1984 tangkapan di samudra hindia sekitar 16000 ton yang merupakan 10% dari tangkapan dunia untuk jenis ini.

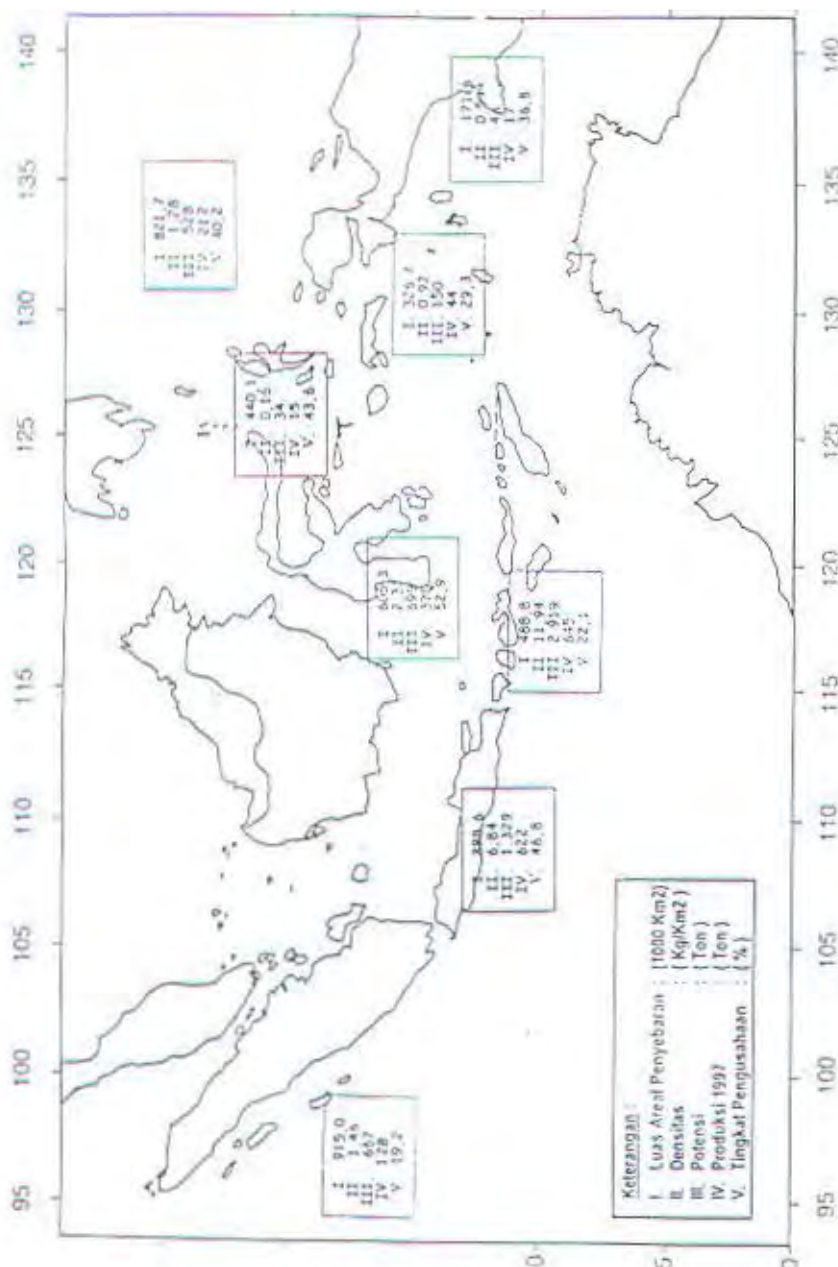


Gambar 3.19. Albacore (Thunnus Alalunga)

Albacore muda ditemukan di kawasan sub tropis dan di perairan dangkal yang mempunyai temperature $15^{\circ} - 20^{\circ} \text{ C}$; sedang untuk albacore dewasa banyak



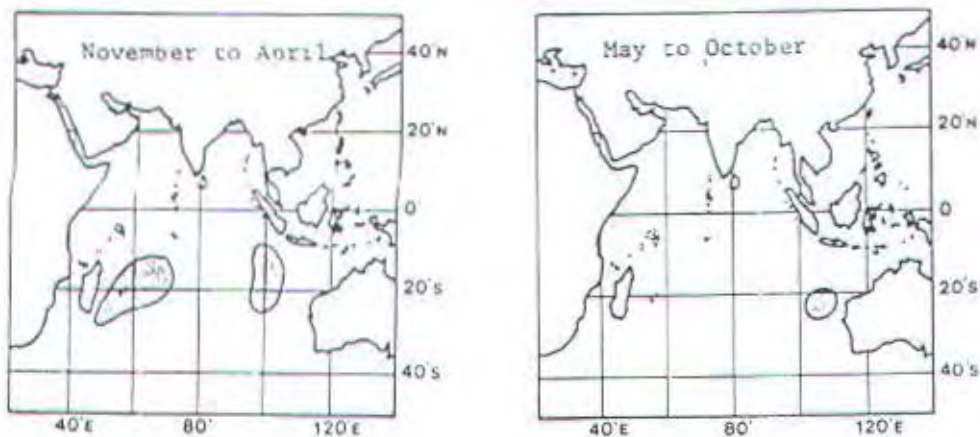
ditemukan pada perairan yang lebih dalam dengan tempertur 14o-25o C (mereka mungkin juga dapat ditemukan di permukaan air laut, kadang-kadang)



Gambar 3.20. Potensi sumber daya ikan *Thunnus Alalunga* berdasarkan wilayah pengelolaan



Larva albacore dapat ditemukan pada dua daerah yang terpisah, pertama di timur samudra hindia dan yang kedua di bagian barat samudra hindia dari november sampai april. Selebihnya dapat pula ditemukan di barat australia.



Gambar 3.21. Seasonal distribution of albacore larva

E. Southern bluefin tuna, Thunnus maccoyii

Southern bluefin tuna yang dewasa lebih besar dari semua jenis species lain yang ditemukan di Samudra Hindia. Bluefin dewasa dapat mencapai berat 200 kg dengan panjang 225 cm dan dapat hidup untuk lebih dari 20 th.



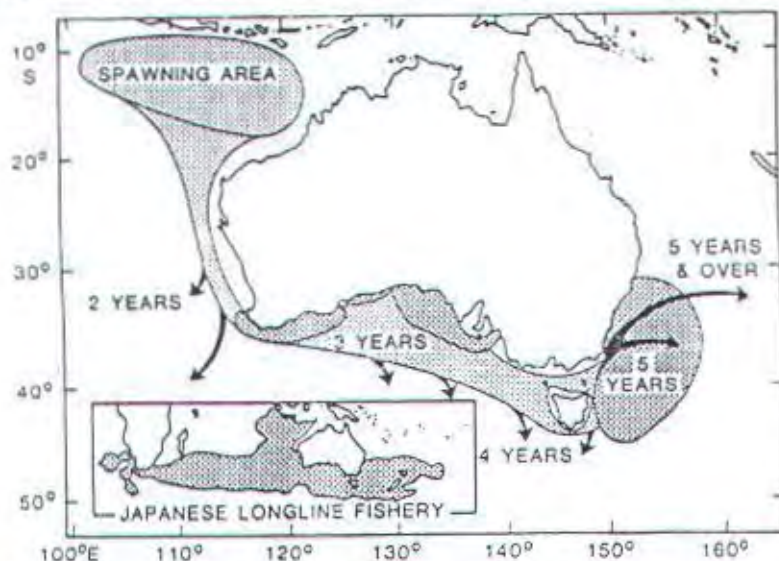
Gambar 3.22. Southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*)



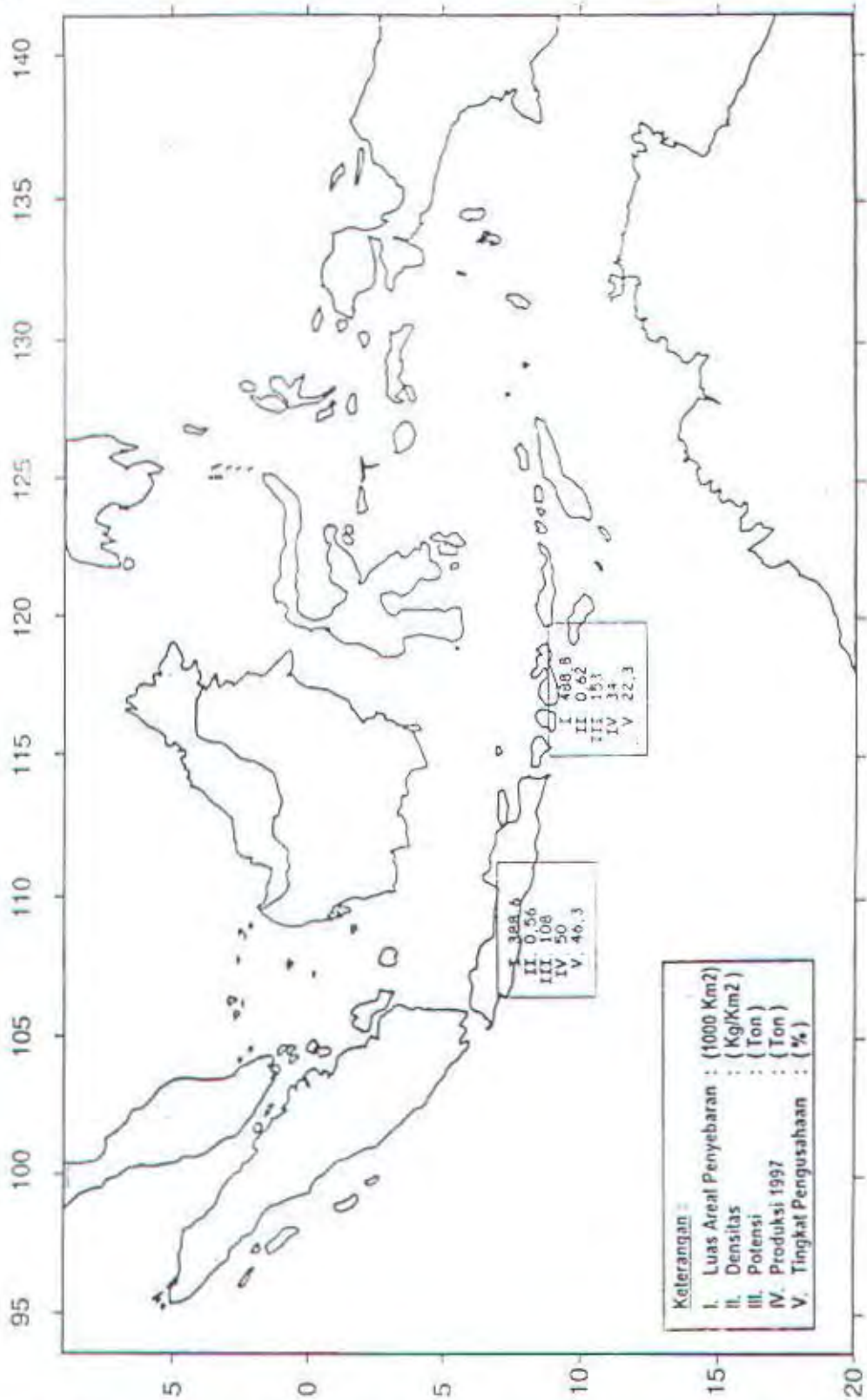
Bluefin kebanyakan ditangkap oleh nelayan Jepang dan Australia (hampir 40.000 ton). Sepanjang pantai selatan Australia penangkapan bluefin menggunakan metode pole-and-line, purse seine dan yang agak sedikit jumlahnya dengan trolling. Penangkapan dengan long line merupakan separoh dari seluruh tangkapan bluefin dan secara khusus dijalankan oleh nelayan Jepang.

Southern bluefin hanya ditemukan pada belahan bumi bagian selatan yang terdistribusi pada tiga buah lautan dari 30o sampai 50o S dan di lautan yang relatif dingin temperaturnya (5-10 o C). Namun spesies ini juga dapat ditemukan sampai 10oS di Samudra Hindia di Selatan Jawa dimana mereka bertelur dan menetas. Longliner menangkap bluefin dewasa di Selatan Tasmania dari Juni sampai September, dan diselatan Afrika pada bulan mei sampai dengan Agustus.

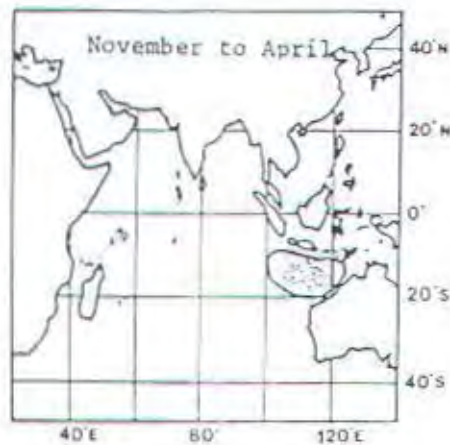
Jumlah larva maksimum ditemukan di selatan Jawa. Setelah dua tahun, gerombolan ikan akan berpindah dari tempat mereka dilahirkan ke selatan Australia. Dua tahun kemudian akan berpindah lagi (umur 3 dan 4), mereka bermigrasi ke arah timur menyebar ke segala arah. Setelah 7 atau 8 tahun mereka kembali ke selatan Jawa untuk bertelur. Southern bluefin memasuki masa kawin pada usia 7 tahun ketika berukuran 140 cm. Masa bertelur mulai dari Oktober sampai dengan maret dengan lebih dari satu kali bertelur dalam satu tahun. Spesies ini sangat produktif dimana induk betina dapat menaruh 14-15 juta telur dalam satu waktu.



Gambar 3.23. Wilayah bertelur dan rute migrasi dari bluefin



Gambar 3.24. Potensi sumber daya ikan *Thunnus maccoyii*, berdasarkan wilayah pengelolaan

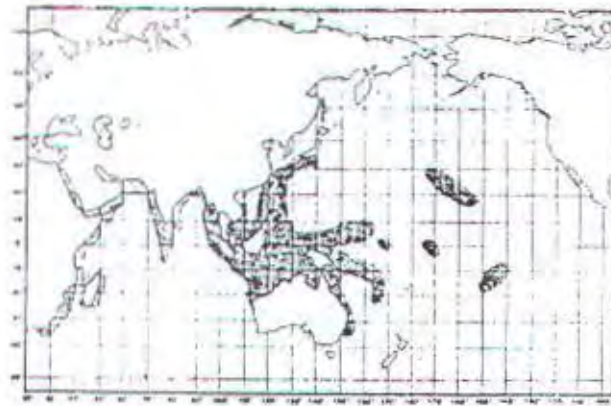


Gambar 3.25. Distribusi dari larva bluefin

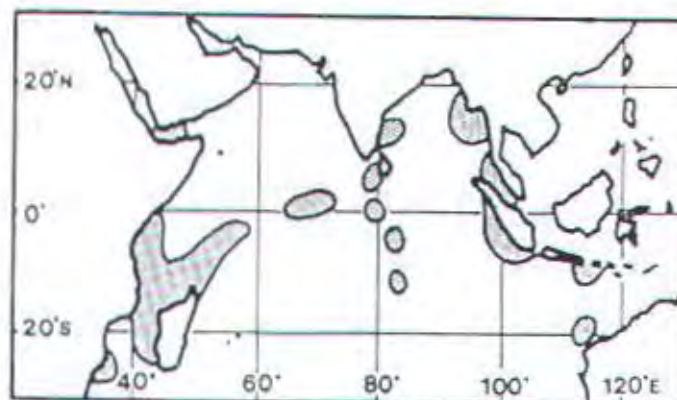
F. Eastern little tuna/kawaka, *Euthynnus affinis*

Eastern little tuna menghuni perairan pantai dan dapat ditemukan pada daerah tropis maupun subtropis di Samudra Hindia, sebagaimana dapat ditemukan pula di sepanjang negara pantai dari Afrika Selatan sampai ke Indonesia dan sekitar pulu Madagascar, Reunion, Mauritius, dan Srilangka. Dapat pula ditemukan di bagian barat Australia namun hanya sampai 25°S – 30°S. Larva dan eastern little tuna muda biasanya ditangkap didekat pantai. Eastern little tuna masuk masa perkawinan pada usia 3 tahun ketika tubuhnya mempunyai panjang 50-65 cm (panjang total).

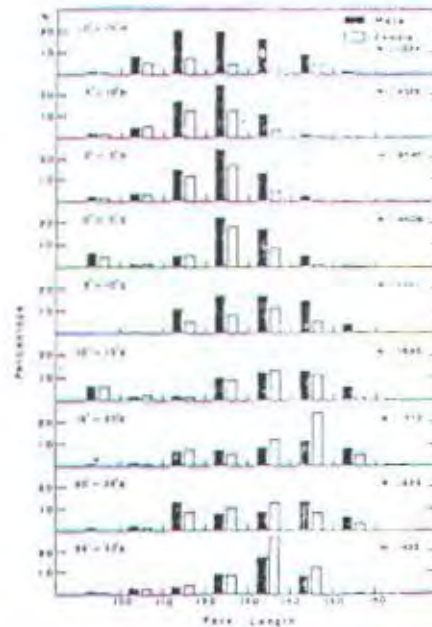
Gambar 3.26. Eastern little tuna (*Euthynnus affinis*)



Gambar 3.27. Distribusi dari eastern little tuna



Gambar 3.28. Distribusi dari larva eastern little tuna

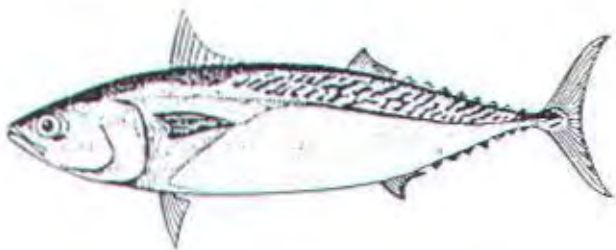


Tabel 3.2. Hubungan panjang-umur dari eastern little tuna di Samudra Hindia

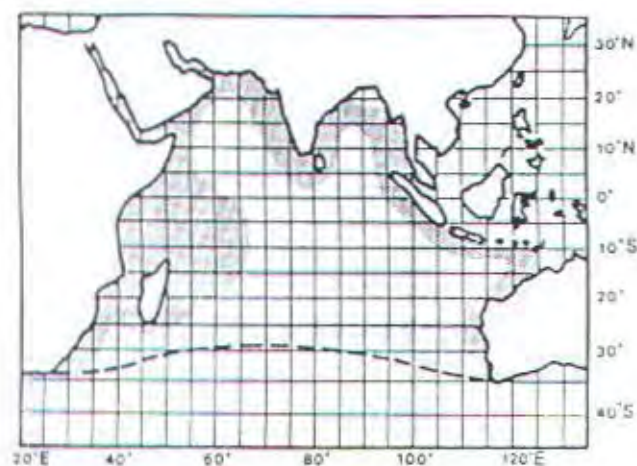
G. Frigate tuna, *Auxis thazard*

Frigate tuna biasanya di eksploitasi oleh nelayan tradisional, spesies ini kecil, jarang mencapai ukuran lebih dari 60 cm. Ukuran rata-rata spesies ini yang berhasil ditangkap adalah dari 25 sampai dengan 40 cm.

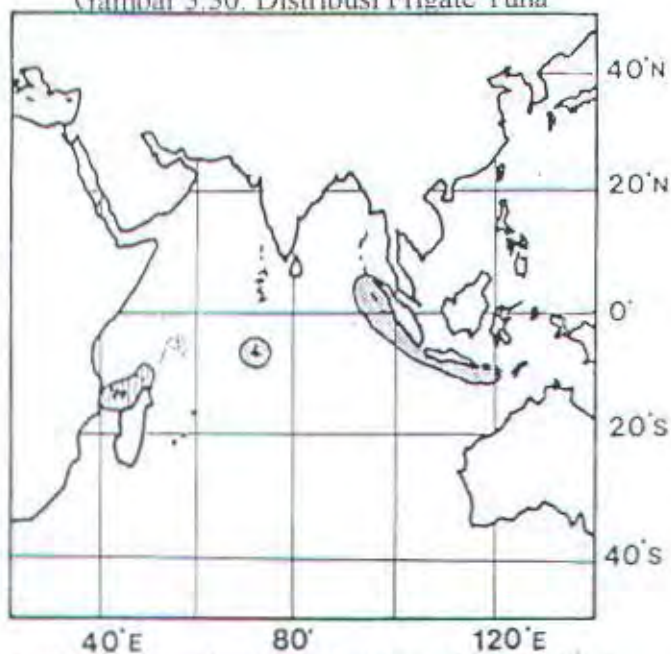
Spesies ini dapat ditemukan pada daerah tropis maupun subtropis di Samudra Hindia. Induk betina mulai masuk masa perkawinan ketika berukuran 38 cm dan masa perkawinan adalah dari desember sampai maret.



Gambar 3.29. Frigate tuna (*Auxis thazard*)



Gambar 3.30. Distribusi Frigate Tuna



Gambar 3.31. Distribusi dari larva Frigate Tuna

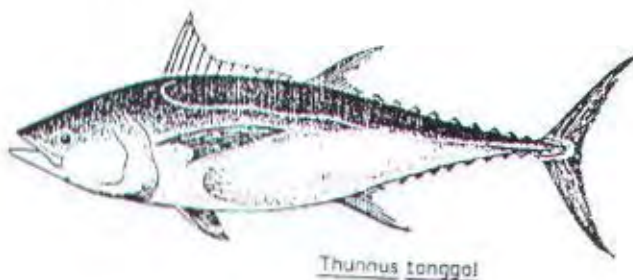
H. Longtail tuna, *Thunnus tonggol*

Distribusi dari spesies ini terbatas di utara dan selatan samudra hindia, Indonesia dan sepanjang pantai utara dan barat Australia. Meskipun longtail termasuk spesies perairan pantai namun spesies ini tidak ditemukan pada daerah



dengan kadar garam yang rendah. Ukuran rata-rata longtail tuna yang ditangkap oleh nelayan India adalah 30-50 cm sedangkan di Indonesia sekitar 30-50 cm. Panjang maksimum yang dilaporkan 130 cm di India dan 105 cm di Indonesia.

Longtail tuna memasuki masa perkawinan ketika mencapai ukuran 45-50 cm di utara samudra hindia dan hanya 44 cm di barat pantai thailand. Masa perkawinan dalam setahun 2 kali, yang utama terjadi dari januari sampai april selama angin monsoon barat daya terjadi, dan yang lainnya (yang lebih sedikit kuantitasnya) selama agustus-september. Induk betina berukuran 44-49 cm dapat menghasilkan 1,4 juta telur dalam sekali bertelur.



Gambar. 3.32. Longtail tuna (Thunnus Tonggol)

3.2. Data Umum dari Kelompok Tuna (*tuna school*)

Sudah merupakan sifat alam dari tuna bahwa mereka berenang dalam kelompok (*school*) yang dapat diamati dari permukaan air laut. Perilaku ini merupakan alat pertahanan mereka, dan bentuk kelompok tersebut dapat berubah-ubah tergantung dari wilayah maupun waktu (pagi/siang/malam). Pengetahuan yang pasti mengenai bentuk-bentuk kelompok akan membantu dalam menentukan alat tangkap yang akan digunakan.



3.2.1. Tipe dari Kelompok (*School*)

Kelompok tuna dapat dibagi dalam dua kategori utama : kelompok di permukaan dan kelompok di kedalaman air laut. Kelompok pertama dapat dengan mudah diketahui oleh orang yang terlatih, dan kelompok yang kedua dapat diketahui dengan bantuan alat akustik seperti echosounder, sonar dan sebagainya.

3.2.1.1 Kelompok di permukaan

Kelompok di permukaan biasanya berenang bebas atau berkerumun dalam suatu bagan apung.

A. Kelompok yang berenang bebas. Kelompok ini berenang dekat dengan permukaan atau agak dalam dan seringkali ditemani oleh burung-burung diatasnya. Dibawah ini adalah tingkah laku dari individu tuna yang bergerak dalam kelompok yang berenang bebas

- *Breezer* : kehadiran dari tuna diindikasikan oleh gerakan-gerakan naik turunnya ikan di permukaan air laut, disebabkan oleh ikan yang berenang di bawah permukaan air dengan arah yang sama. Situasi ini memberi tanda kehadiran kelompok besar dari tuna.
- *Finner* : ikan tidak berada di permukaan seluruhnya, hanya sirip atas yang terlihat di permukaan dari waktu ke waktu.
- *Junper* : satu ekor ikan melompat keluar dari air dan menyelam dengan kepala terlebih dahulu (ikan berlaku seperti ini pada umumnya karena beranggapan bahwa dia kehilangan kontak sementara dengan kelompoknya).
- *Smoker* : ikan secara berkelompok melompat keluar dari air, mengakibatkan air laut beriak. Tingkah laku ini menunjukkan adanya kelompok yang bercampur yang terdiri dari ikan tuna-ikan tuna kecil.



- *Boiler or foamer* : Ikan-ikan tuna melompat tidak beraturan, kadang ekor turun terlebih dahulu dan menyebabkan air laut berbuih, ini mengindikasikan ada kelompok ikan tuna besar.




B. Kelompok yang berenang disekitar obyek yang terapung atau obyek dengan jangkar seperti bagan apung (*fish aggregate device*) dan mamalia seperti paus, lumba-lumba ataupun hiu. Kelompok ini mungkin ditemani oleh burung-burung bisa juga tidak.

3.2.1.2. Kelompok di kedalaman air laut (*deep sea school*)

Kelompok ini dapat dalam keadaan berenang bebas maupun berenang di sekitar obyek yang terapung. Tiga pola yang umum ditemukan dengan deteksi akustik di samudra hindia adalah :

- Tipe A : hanya dideteksi dibawah bagan apung. Mereka kompak dalam bentuk. Dari analisa hasil tangkapan diperoleh kesimpulan bahwa kelompok dalam formasi ini terdiri dari skipjack dewasa bercampur dengan yellowfin kecil dan bigeye.
- Tipe B : di karakteristikkan dengan baik itu kelompok berenang bebas maupun kelompok karena adanya benda penarik perhatian (bagan apung). Tipe ini terdiri dari dua kelompok yang pertama terletak diatas yang lain, yang atas bentuknya lebih kompak dan yang bawah lebih panjang . kadang dua bagian ini terpisah. Dari hasil tangkapan untuk tipe kelompok ini diketahui bahwa kelompok ini terdiri dari campuran jenis ikan tuna baik dalam ukuran maupun spesies. Individu yang lebih kecil membentuk bagian yang lebih atas sedangkan yang besar membentuk bagian yang bawah.
- Tipe C : kelompok berenang bebas yang terdiri dari banyak ikan dengan lapisan air yang besar, pada echo sounder akan membentuk oblong diamond.



CHARACTERISTICS		TYPE A	TYPE B	TYPE C
Pattern		Compact 	2 groups 	Oblong diamond 
Structure	Species	Mixed	Mixed	Yellowfin
	Size	Small and medium	All sizes	Large
Behaviour		Aggregating with flotsam	Associated or not associated	Aggregating with flotsam or free-swimming
Depth distribution		10 - 70 m	15 - 130 m	30 - 130 m

Tabel 3.3. Tiga tipe kelompok ikan yang berenang di kedalaman

3.2.2. Ukuran ikan dalam kelompok yang berbeda

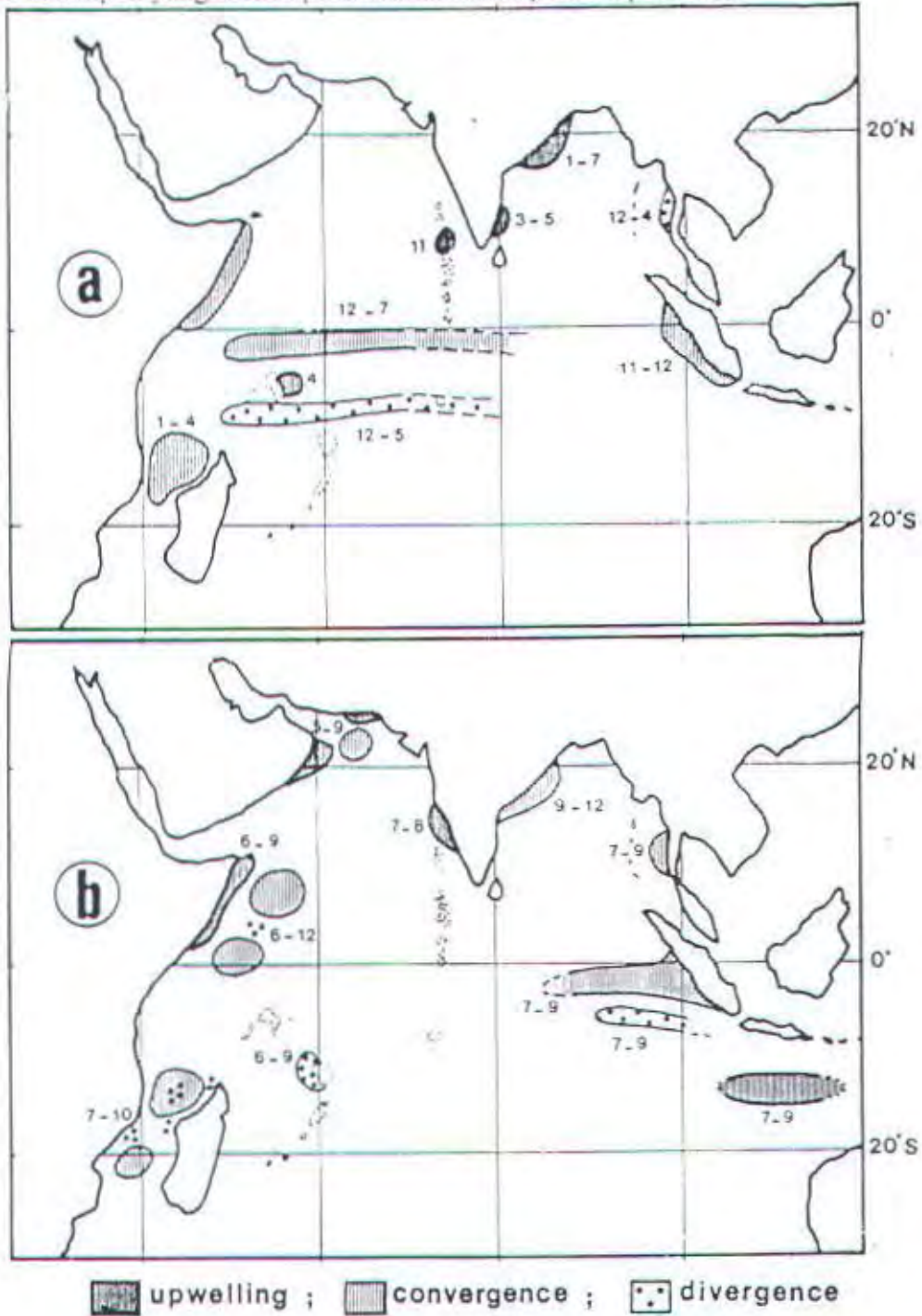
Satu spesies ikan tuna yang membentuk suatu kelompok biasanya akan terdiri dari ikan yang hampir sama ukurannya. Kelompok ikan yang mengerumuni obyek bergerak, biasanya bervariasi ukurannya tergantung dari kecepatan obyek tersebut bergerak. Yellowfin tuna, dalam satu kelompok biasanya lebih besar dibandingkan dengan yellowfin yang berada pada kelompok campuran (campuran antara skipjack, yellowfin dan bigeye). Namun ukuran skipjack yang berada pada kelompok campuran kurang lebih sama dengan skipjack yang berada dalam kelompok tersendiri.

3.2.3. Volume dan distribusi dari Kelompok

Volume kelompok dapat diperkirakan melalui pengamatan visual atau dengan tangkapan per positive seine set. Di Samudra Hindia ukuran dari kelompok yang diamati bervariasi dari satu musim ke musim yang lain. Selama northeast monsoon (desember-maret) dan selama inter-monsoon period (april-mei dan oktober-november), ukuran yang diperoleh per positive set mirip, dan berkisar



antara 21 sampai dengan 25 t/set. Selama southwest monsoon (juni-september) ukurannya akan meningkat mencapai 35 t/set. Hasil tangkapan terbaik diperoleh pada kelompok yang berada pada sekitar benda penarik perhatian.



Gambar 3.33. Peta kelompok ikan tuna (a) northeast monsoon (b) southeast monsoon



BAB IV

DATA-DATA TEKNIS

Berikut ini berupa gambaran umum mengenai jenis kapal ikan yang akan dianalisa yaitu untuk jenis kapal ikan 100 GT, 60 GT dan 30 GT.

4. 1. Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 100 GT

- Length Over All	: 28,90 m
- Length Between Perpendicular	: 23,80 m
- Breadth	: 5,90 m
- Depth	: 2,55 m
- Draught	: 2,20 m
- Lama pelayaran	: 20 hari
- Kecepatan dinas	: 10 knot
- Volume fish hold	: 80 m ³
- Jumlah anak buah	: 11 orang
- Jenis alat tangkap	: long line

Data permesinan

a. Mesin Utama

- merek	: YANMAR 6M – HT
- jumlah silinder	: 6 in-line



- jumlah : 1 set
- MCR : 400 HP
- RPM : 750 rpm
- bahan bakar : diesel oil

b. Mesin Bantu

- merek : YANMAR 6KFL
- Jumlah silinder : 6 in-line
- jumlah : 2 set
- Power : 145 HP
- putaran : 1.200 rpm
- bahan bakar : diesel oil

4.2. Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 60 GT

- Length Over All : 23,40 m
- Length Between Perpendicular : 18,45 m
- Breadth : 5,20 m
- Depth : 5,20 m
- Draught : 1,60 m
- Kecepatan dinas : 9 knots (85 % MCR)
- Mesin : 240 HP (MCR)
- Putaran : 2000 rpm
- Volume fish hold : 32 m³
- Volume bait hold : 2,3 m³
- Lama pelayaran : maksimal 14 hari



- Jumlah anak buah kapal : 11 Orang
- Jenis alat tangkap : long line
- Bahan pembuat : kayu

a. Mesin Utama

- merek : YANMAR 6HA – THE
- jenis : 4 tak, dilengkapi turbocharger , direct injection
- jumlah : 1 set
- MCR : 240 HP
- RPM : 2.000 rpm , clock wise
- bahan bakar : diesel oil
- gigi reduksi : 1 set (perbandingan 1 : 4)

b. Mesin Bantu

- merek : YANMAR 4HCL – N
- jumlah : 2 set
- Power : 62 HP
- putaran : 1.500 rpm
- bahan bakar : diesel oil

4.3. Gambaran Umum Ukuran Kapal Ikan 30 GT

- length Over All : 23,86 m
- length between Perpendicular : 20,80 m
- breadth : 4,4 m



- Depth : 1,90 m
- Draught : 1,52 m
- kecepatan dinas : 9 knots (85 % MCR)
- Mesin : 240 HP (MCR)
- putaran : 1900 rpm
- Volume fish hold : 14,5 m³
- Volume bait hold : 2,3 m³
- lama pelayaran : maksimal 14 hari
- jumlah anak buah kapal : 6 Orang
- jenis alat tangkap : long line
- bahan pembuat : kayu

a. Mesin Utama

- merek : YANMAR 6 LA4E
- jumlah : 1 set
- MCR : 240 HP
- RPM : 1900 rpm , clock wise
- bahan bakar : diesel oil

b. Mesin Bantu

- merek : PERKINS D 3152 M
- jumlah : 2 set
- Power : 33,5 HP



- putaran : 1.500 rpm
- bahan bakar : diesel oil

c. Generator

- jumlah : 2
- Merk : Stanford NHC 144 F
- tenaga : 20 KVA
- tegangan : 38- Volt (AC), 3 phase, 50 Hz



BAB V

PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN

Beban pendinginan meliputi

1. Beban Produk
2. Beban Infiltrasi
3. Beban Transmisi
4. Beban Internal

5.1. Perhitungan Beban Pendinginan untuk kapal ikan jenis 60 GT long line

5.1.1. Perhitungan Beban Pendinginan

5.1.1.1. Beban Produk

Data ikan tuna yang di dapat :

- temperatur saat penangkapan = 30°C
- temperatur yang diharapkan = -1°C
- panas spesifik ikan tuna di atas titik freezing = $0,41 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$
- panas laten ikan tuna = $38,89 \text{ kkal/kg}$
- waktu pengesan = 16 jam
- berat seluruh ikan saat penangkapan = 8 ton

Besar kalor yang diserap es sampai suhu -1°C :



$$Q_t = m \cdot c \cdot \Delta t / \theta$$

Dimana :

m = berat produk (kg)

c = panas spesifik produk (kkal/kg^oC)

Δt = selisih suhu awal ikan dengan suhu ikan yang direncanakan

θ = waktu untuk mendinginkan produk (jam)

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_t &= 8.10^3 \times 0,41 \times 31 / 16 \\ &= 6355 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Besar kalor untuk mempertahankan suhu tuna pada kondisi penyimpanannya :

$$Q_r = m \times L / \theta_p$$

Dimana :

m = berat produk

L = panas laten di atas titik freezing (Btu/lb)

θ_p = waktu untuk kembali ke dermaga (jam)

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_r &= 8.10^3 \times 38,89 / 48 \\ &= 6481,66 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Total beban kalor produk :

$$\begin{aligned} Q_t + Q_r &= 12836,66 \text{ kkal/jam} \\ &= 14,92 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$



5.1.1.2 Perhitungan Beban Infiltrasi

Penyebab beban infiltrasi adalah bukaan palkah (tutupnya) saat memasukkan tuna

Kondisi dasar :

- a. volume fish hold 32 m^3 dengan kapasitas maksimum 8 ton
- b. temperatur udara luar 33°C
- c. dari wawancara dengan para nelayan diperoleh bahwa waktu bukaan untuk memasukkan ikan tuna dan menatanya = 30 menit untuk satu kali tangkapan
- d. untuk pergantian udara tiap jam, dengan volume 32 m^3 dan suhu -1°C tiap 24 jam maka diperoleh besarnya perubahan udara 12,73 per 24 hr (Dossat, Roy J, 1981) dengan faktor koreksi 50% dari harga awal.

Sehingga besarnya volume udara yang berinfiltrasi ke dalam palka ikan adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{perubahan udara} \times \text{volume ruangan} \\ &= 12,73 \text{ per } 24 \text{ hr} \times 1130 \text{ ft}^3 \\ &= 14384,9 \text{ ft}^3 \text{ per } 24 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dengan temperatur dan relative humidity palka ikan seperti diatas dari tabel beban kalor udara infiltrasi, didapatkan bahwa besarnya kalor yang timbul per volume ruangan adalah $2,53 \text{ Btu/ft}^3$. Dengan suhu penyimpanan berkisar -1°C maka akan mempunyai relative humidity antara 50%-60%. Sehingga besarnya beban panas infiltrasi adalah :



$$\begin{aligned} Q_{\text{infiltrasi}} &= \text{volume ruangan} \times \text{jumlah pergantian udara tiap jam} \times \text{panas gain} \\ &\quad \text{yang masuk tiap m}^3 \text{ udara} \\ &= 1130 \text{ ft}^3 \times 12,73 \text{ per 24 hr} \times 2,53 \text{ Btu/ft}^3 \\ &= 457,2 \text{ kkal/jam pelayaran} \\ &= 0,531 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$

5.1.1.3. Perhitungan Beban Transmisi

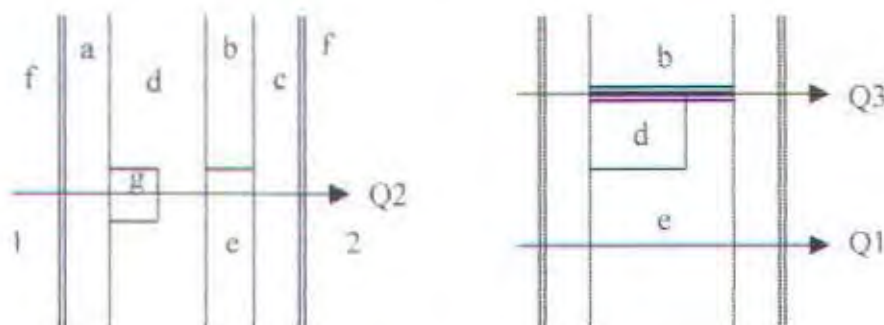
Beban transmisi di ruang fish hold disebabkan oleh :

- transmisi matahari, yang terjadi pada atap, dinding samping kiri dan kanan di atas LWL
- transmisi air laut yang terjadi pada alas dan dinding samping kiri dan kanan di bawah LWL

a. Transmisi Matahari

1. Dinding samping kiri dan kanan

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Atas LWL (U_{dai})



Gambar 5.1 Penampang struktur dinding Lwl



Huruf	Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas termal (W/cm ² . °C)
I	Permukaan luar fish hold, udara bergerak	-	299,37
A	Kayu	4	$1,15 \cdot 10^{-3}$
B	Lug piece (stainless steel)	25	$2,66 \cdot 10^{-4}$
C	Kayu	2	$1,15 \cdot 10^{-3}$
D	Frame kayu	20	$1,15 \cdot 10^{-3}$
E	Polyurethane	25	$2,31 \cdot 10^{-4}$
F	Fiberglass	0,3	$3,605 \cdot 10^{-4}$
G	Senta lambung kayu	10	$1,15 \cdot 10^{-3}$
2	Permukaan dalam hold, udara	-	1.074,21

Tabel 5.1 Nama bagian struktur dinding di atas Lwl

Panjang keseluruhan :

$$\text{Luas dinding samping} = 420 \times 2810 = 1.180.200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang frame/gading} = 420 \times 15 = 6.300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang lug piece} = 200 \times 15 = 3.000 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang senta lambung} = 2.810 \text{ mm}$$

Sehingga luas penampang tiap laju aliran panas adalah :

$$Q_1 \Rightarrow A_1 = 1.180.200 - 504.000 - 30.000 = 646.200 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 \Rightarrow A_2 = 6.300 \times 80 = 504.000 \text{ mm}^2$$



$$Q_3 \Rightarrow A_3 = 3.000 \times 10 - 30.000 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk dinding fish hold, perhatikan tabel berikut :

Huruf	Tebal	Konduktivitas	Q_1	Q_2	Q_3
I	-		299,37	299,37	299,37
A	4	1,15E-03	3478,26067	3478,26067	3478,26067
B	25	2,66E-04	0	0	93964,9624
C	2	1,15E-03	1739,13043	1739,13043	1739,13043
D	20	1,15E-03	0	1739,13043	0
E	25	2,31E-04	106225,106	0	0
F	0,6	3,61E-03	1664,35506	1664,35506	1664,35506
G	10	1,15E-03	0	0	0
2	-		1074,21	1074,21	1074,21
Tahanan termal dari tiap laju aliran panas (R)			116480,435	25646,6307	102240,289

	$U = 1/R$ (W/cm ² °C)	A (mm ²)	A alas (mm ²)	A/A alas	A/A x U (W/cm ² °C)
Q_1	8,5651E-06	646200	1180200	0,54753432	4,7007E-06
Q_2	3,8991E-05	504000	1180200	0,42704626	1,6651E-05
Q_3	9,7809E-05	30000	1180200	0,02541942	2,4862E-07
Koefisien perpindahan panas menyeluruh dari dinding					2,16E-05

Tabel 5.2. Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding di atas Lwl

Keterangan :

U = koefisien perpindahan panas dari tiap luasan laju aliran panas dengan tahanan termal dengan $U = 1/R$, dimana R adalah tahanan dari laju aliran panas.

A = luas penampang tiap laju aliran panas



A/A alas = perbandingan luas penampang tiap laju aliran panas

$$\text{Jadi } U_{\text{dal}} = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Warna cat dinding kapal terang (light coloured surfaces) sehingga diperoleh harga koreksi sebagai berikut :

- dinding sebelah timur dan Barat = 2,22 °C
- dinding sebelah Utara dan Selatan = 1,11 °C

Digunakan harga berdasarkan referensi Wiranto Arismunandar (penyegaran Udara, 1986) bahwa beban puncak terjadi pada :

- bagian Timur pada pukul 09.00 – 11.00
- bagian selatan pada pukul 12.00 – 14.00
- bagian Barat pada pukul 16.00 – 18.00.

Dengan mengambil asumsi bahwa beban puncak terjadi pada saat dinding menghadap ke arah Timur maka beban kalor yang terjadi adalah :

$$Q = U \times A [(t_2 - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2]$$

Dengan :

$$U = \text{koefisien perpindahan panas total dinding} = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = \text{luas total dinding} = 11.802 \text{ cm}^2$$

$$t_1 = \text{temperatur ruangan} = -1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \text{temperatur udara luar tanpa sun factor} = 33^\circ\text{C}$$

$$t_2^* = \text{temperatur udara luar} + \text{koreksi} = 33 + 2,22 = 35,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_1 = \text{faktor lama penyinaran matahari pada beban dengan posisi dinding Timur} = 2^\circ\text{C}$$



F_2 = faktor lama penyinaran matahari dengan sun factor = 24 – 2
= 22 °C

Jadi beban kalornya :

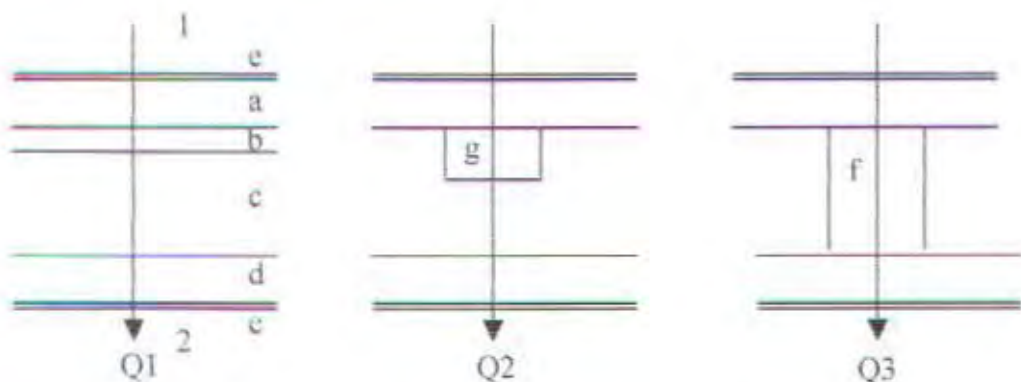
$$Q = 2,16 \cdot 10^{-5} \times 11.802 \times [(35,22 - (-1)) \times 2 + (33 - (-1)) \times 22]$$
$$= 209,149 \text{ watt}$$

beban kalor harian :

$$q = Q/\text{hari}$$
$$= 209,149 \times 10^{-3} \times 12/30$$
$$= 0.0836 \text{ kW /hari}$$

2. Atap palkah

Koefisien Perpindahan Panas untuk Atap (U_{at})



Gambar 5.2 Penampang Struktur atap



Huruf	Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas termal (W/cm ² . °C)
1	Permukaan atas atap, udara bergerak	-	299,37
A	Kayu	4	$1,15 \cdot 10^{-3}$
B	Glasswool	2	$4 \cdot 10^{-3}$
C	Polyurethane	18	$2,31 \cdot 10^{-1}$
D	Kayu	2	$1,15 \cdot 10^{-3}$
E	Fiberglass	0,3	$3,065 \cdot 10^{-4}$
F	Deck beam	20	$1,15 \cdot 10^{-3}$
G	Kayu penunjang	6	$1,15 \cdot 10^{-3}$
2	Permukaan bawah atap, udara	-	1.074,21

Tabel 5.3 Nama bagian struktur atap

Panjang keseluruhan:

Di dalam fish hold terdapat 15 deck beam, sehingga jumlah panjang keseluruhannya adalah :

$$= (4.700 \times 8) + 4.680 + 4.640 + 4.580 + 4.4460 + 4.360 + 4.200 + 3.980 \\ = 68.500 \text{ mm}$$

Panjang penumpu (9 buah) = $9 \times 5.620 = 50.580 \text{ mm}$

Luas atap fish hold = luas atap keseluruhan – luas tutup palkah

$$= 28.394.666,67 - 5.547.200 = 22.847.466,67 \text{ mm}^2$$

Sehingga luas penampang tiap laju aliran panas adalah :

$$Q_1 \Rightarrow A_1 = 22.847.466,67 - 6.380.000 - 4.046.400 = 12.421.066,67 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 \Rightarrow A_2 = 100 \times 50.800 = 5.080.000 \text{ mm}^2 \text{ (lebar penumpu memajang = } 100 \text{ mm)}$$

$$Q_3 \Rightarrow A_3 = 80 \times 68.500 = 5.480.000 \text{ mm}^2 \text{ (lebar deck beam = 80 mm)}$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk atap fish hold, perhatikan tabel berikut :



Huruf	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² .C)	Q ₁ (W/cm ² .C)	Q ₂ (W/cm ² .C)	Q ₃ (W/cm ² .C)
I	-		299.37	299.37	299.37
A	4	1.15E-03	3478.26067	3478.26067	3478.26067
B	2	4.00E-04	5000	0	0
C	18	2.31E-03	7792.207792	7792.207792	0-
D	2	1.15E-03	1739.130435	6.6125E-07	2630064930
E	0,3	3.07E-03	978.798222	3.13141E-07	978.7928222
F	20	1.15E-03	0	0	17391.30435
G	6	1.15E-03	5217.392304	5217.392304	0
2	-		1074.21	1074.21	1074.21
Tahanan termal dari tiap laju aliran panas (R)			255579.36322	17861.43997	2630088152

	U = 1/R (W/cm ² .C)	A (mm ²)	A alas (mm ²)	A/A alas	A/A x U (W/cm ² .C)
Q ₁	3.9094E-06	132234533	1136437333	0.969196114	3.78898E-05
Q ₂	5.5987E-05	3626400	1136437333	0.026652529	1.49218E-06
Q ₃	3.8022E-05	566400	1136437333	0.004151356	1.57841E-12
Kofisien perpindahan panas menyeluruh					3.39382E-05

Tabel 5.4 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk atap

Keterangan :

U = kofisien perpindahan panas dari tiap luasan laju lairan panas dengan tahanan termal dengan $U = 1/R$, dimana R adalah tahanan dari laju aliran panas.

A = luas penampang tiap laju aliran panas

A/A alas = perbandingan luas penampang tiap laju aliran panas

Jadi $U_{at} = 3.9382 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Dianggap pintu palkah jadi satu dengan atap fish hold.

- luasan seluruh = 283.946,67 cm²



- luasan pintu palkah = $5,472 \text{ cm}^2$
- koefisien perpindahan panas total atap = $3,938 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- koefisien perpindahan panas total tutup palkah = $2,363 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Perbandingan luas tutup terhadap luas atap :

$$\begin{aligned} a &= 5,472 / 283.946,67 \\ &= 0,0193 \end{aligned}$$

Perbandingan koefisien termal dari atap tanpa tutup terhadap luasan atap seluruh :

$$\begin{aligned} b &= 1 - a = 1 - 0,0193 \\ &= 0,9807 \end{aligned}$$

Sehingga koefisien termal dari atap adalah :

$$\begin{aligned} U_{\text{total}} &= (a \times U \text{ tutup palkah}) + (b \times U \text{ atap}) \\ &= (0,0193 \times 2,363 \cdot 10^{-5}) + (0,9807 \times 3,9382 \cdot 10^{-5}) \\ &= 3,91 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sehingga beban transmisi matahari atap jam 10.00 – 16.00 dengan sun factor $8,33^\circ\text{C}$ adalah :

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times [(t_2' - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2] \\ &= 3,91 \cdot 10^{-5} \times 283.947,67 \times [(35,22 - (-1)) \times 6 + (33 - (-1)) \times 18] \\ &= 3024,76 \text{ W} \end{aligned}$$

Sehingga beban kalor per hari (q)

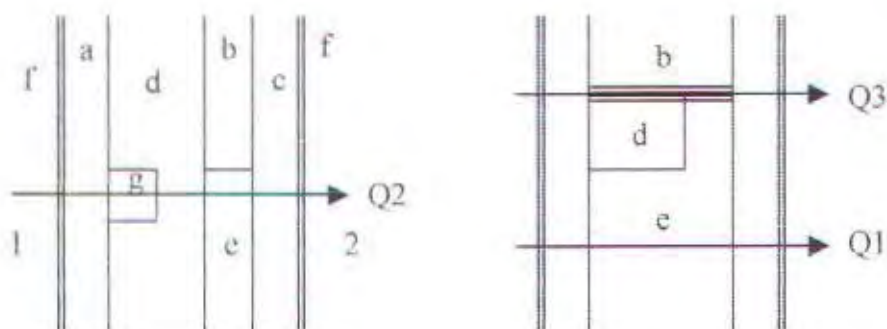
$$\begin{aligned} q &= 3024,76 \text{ W} \times 11/30 \text{ hari} \\ &= 0,461 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$



b. Beban Transmisi Panas Air Laut

1. Dinding Samping di Bawah LWL

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Bawah LWL (U_{dhl})



Gambar 5.3 Penampang struktur dinding Lwl

Huruf	Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas termal (W/cm ² . °C)
1	Permukaan luar fish hold, udara bergerak	-	299,37
A	Kayu	4	$1,15 \cdot 10^{-3}$
B	Lug piece (stainless steel)	25	$2,66 \cdot 10^{-4}$
C	Kayu	2	$1,15 \cdot 10^{-3}$
D	Frame kayu	20	$1,15 \cdot 10^{-3}$
E	Polyurethane	25	$2,31 \cdot 10^{-4}$
F	Fiberglass	0,3	$3,605 \cdot 10^{-4}$
G	Senta lambung kayu	10	$1,15 \cdot 10^{-3}$
2	Permukaan dalam hold, udara	-	1.074,21

Tabel 5.5 Nama bagian Struktur dinding Lwl



Data air laut

Temperatur air laut = 30°C

Asumsi kecepatan air laut = 9 knots = 4,5 m/detik

$L_{pp} = 18,45 \text{ m}$

Kerapatan (ρ) = $0,823 \text{ kg/m}^3$

Viskositas dinamis = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Konduktivitas termal (k) = $0,6914 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

Bilangan prandtl (Pr) = 5,412

Dari data diatas dihitung bilangan reynolds :

$$\begin{aligned} Re &= L \times V \times \rho / \nu \\ &= 18,45 \times 4,5 \times 0,823 / 2,2 \\ &= 3,11 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

jenis alirannya turbulen

Untuk aliran turbulen berlaku persamaan Dittus – Boeter :

$$Nu = 0,02 \times Re^{0,8} \times Pr^n$$

dengan :

Nu = bilangan Nusselt = $h \times L / k$

h = koefisien perpindahan panas konveksi

L = panjang kapal

k = konduktivitas termal

N = koefisien nondimensional = 0,4 (untuk pemanasan) dan 0,3 (untuk pendinginan)



Diambil $n = 0,4$ karena terjadi aliran dari sisi luar ke sisi dalam fish hold yang lebih dingin, sehingga diperoleh :

$$Nu = 0,023 \times (3,11 \cdot 10^7)^{0,4} \times 5,412^{0,4} = 44.601,88$$

Dan

$$h = Nu \times L/k$$

$$= 44.601,88 \times 0,6914 / 18,45 = 1.497,36 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Jadi tahanan termal permukaan luar dinding fish hold adalah :

$$R_s = 1/h = 1/1.497,36 = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Panjang keseluruhan :

$$\text{Luas dinding samping di bawah LWL} = 460 \times 2810 + 870 \times 2810$$

$$= 3.737.300 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang frame gading} = 14 \times (460 + 870) = 18.620 \text{ mm}$$

$$\text{Luas lug piece steel} = 4 \times 100 = 400 \text{ mm}^2$$

Sehingga luas penampang tiap laju aliran panas adalah :

$$Q_1 \Rightarrow A_1 = 18.620 \times 100 = 1.862.000 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 \Rightarrow A_2 = 3.737.300 - 1.862.000 - 744.800 - 84.000 = 1.791.300 \text{ mm}^2$$

$$Q_3 \Rightarrow A_3 = 18.620 \times 60 = 744.800 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien panas menyeluruh untuk alas fish hold, perhatikan tabel berikut :





Huruf	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² .C)	Q ₁ (W/cm ² .C)	Q ₂ (W/cm ² .C)	Q ₃ (W/cm ² .C)
I	-		6.67E-04	6.67E-04	6.67E-04
A	4	1.15E-03	3478.26067	3478.26067	3478.26067
B	25	2.66E-04	0	0	93964.9624
C	2	1.15E-03	1739.13043	1739.13043	1739.13043
D	20	1.15E-03	0	1739.13043	0
E	25	2.31E-04	108225.108	0	0
F	0,6	3.61E-03	1664.35506	1664.35506	1664.35506
G	10	1.15E-03	0	0	0
Z	-		1074.21	1074.21	1074.21
Tahanan termal dari tiap laju aliran panas (R)			116181.065	25347.2614	101940.919

	U = 1/R (W/cm ² .°C)	A (mm ²)	A alas (mm ²)	A/A alas	A/A x U (W/cm ² .°C)
Q ₁	8.6073E-06	646200	1180200	0.54753432	4.7128E-06
Q ₂	3.9452E-05	504000	1180200	0.42704626	1.6848E-05
Q ₃	9.8096E-05	30000	1180200	0.02541942	2.4935E-07
Kofisien perpindahan panas menyeluruh dari dinding					2.181E-05

Tabel 5. 6 Perhitungan koefisien perpindahan panas dinding Lwl

Keterangan :

U = kofisien perpindahan panas dari tiap luasan laju lairan panas dengan tahanan termal dengan $U = 1/R$, dimana R adalah tahanan dari laju aliran panas.

A = luas penampang tiap laju aliran panas

A/A alas = perbandingan luas penampang tiap laju aliran panas

Jadi $U_{dlj} = 2,181 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Dari data yang didapat :



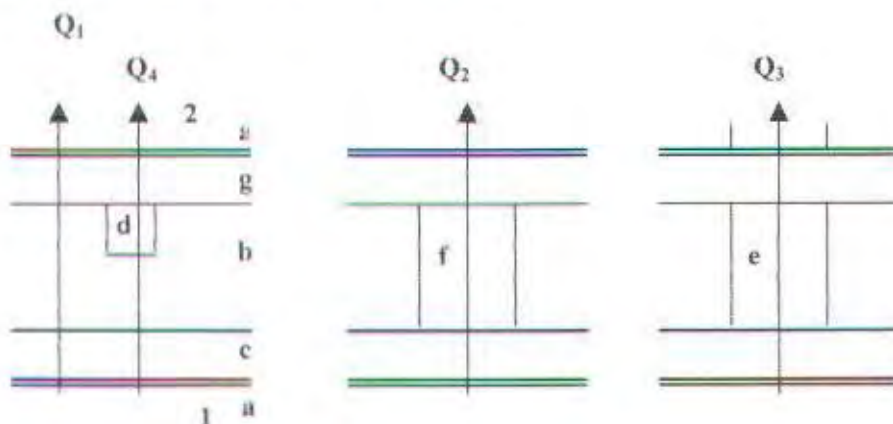
- luasan dinding samping = 37.373 cm^2
- koefisien perpindahan panas = $2,181 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

sehingga beban panas yang terjadi :

$$\begin{aligned} q &= U \times A \times (t_2 - t_1) \times 24 \\ &= 2,181 \cdot 10^{-5} \times 37.3737 \times (30 - (-1)) \times 24 \\ &= 0,0006064 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$

2. Alas

Koefisien perpindahan panas untuk alas (U_{al})



Gambar 5.4. Penampang struktru alas

Huruf	Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas termal ($\text{W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
1	Permukaan bawah lantai, air laut		$6,67 \cdot 10^{-4}$
A	Fiberglass	0,3	$3,065 \cdot 10^{-3}$
B	Polyrethane	28	$2,31 \cdot 10^{-4}$
C	Kayu	8	$1,15 \cdot 10^{-3}$
D	Kayu penumpu	3	$1,15 \cdot 10^{-3}$
E	Stiffener (kayu)	28	$1,15 \cdot 10^{-3}$
F	Frame (kayu)	28	$1,15 \cdot 10^{-3}$
G	Kayu	8	$1,15 \cdot 10^{-3}$
2	Permukaan atas lantai, udara	-	1.074,21

Tabel 5.7 Nama bagian struktur alas



Data air laut :

Temperatur air laut = 30°C

Asumsi kecepatan air laut = 9 knots = 4,5 m/detik

$L_{pp} = 18,45 \text{ m}$

Kerapatan (ρ) = $0,823 \text{ kg/m}^3$

Viskositas dinamis = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Konduktivitas termal (k) = $0,6914 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

Bilangan prandtl (Pr) = 5,412

dari data diatas dihitung bilangan reynolds :

$$\begin{aligned} Re &= L \times V \times \rho / \nu \\ &= 18,45 \times 4,5 \times 0,823 / 2,2 \\ &= 3,11 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

Jenis alirannya turbulen

Untuk aliran turbulen berlaku persamaan Dittus – Boeter :

$$Nu = 0,02 \times Re^{0,8} \times Pr^0$$

dengan :

Nu = bilangan Nusselt = $h \times L / k$

h = koefisien perpindahan panas konveksi

L = panjang kapal

k = konduktivitas termal

N = koefisien nondimensional = 0,4 (untuk pemanasan) dan 0,3 (untuk pendinginan)



Diambil $n = 0,4$ karena terjadi aliran dari sisi luar ke sisi dalam fish hold yang lebih dingin, sehingga diperoleh :

$$Nu = 0,023 \times (3,11 \cdot 10^7)^{0,4} \times 5,412^{0,4} = 44.601,88$$

Dan

$$h = Nu \times k/L$$

$$= 44.601,88 \times 0,6914 / 18,45 = 1.497,36 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Panjang keseluruhan :

$$\text{Luas lantai fish hold} = 136.437,333 \text{ m}^2$$

Di dalam ruang fish hold terdapat 15 frame, sehingga panjang keseluruhannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Panjang frame gading} &= 2 \times (1.540 + 1.530 + 1.502 + 1.480 + 1.440 + \\ &\quad 1.380 + 1.340 + 1.280 + 1.190 + 1.190 + 1.120 \\ &\quad + 1.040 + 960 + 880 + 780 + 720) \\ &= 36.364 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang stiffener (3 buah)} = 2 \times (1.540 + 1.280 + 720) = 7.080 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penumpu memanjang (4 buah)} &= 2 \times (360 + 470 + 560 + 560) + \\ &\quad 560 \\ &= 4.460 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga luas penampang tiap laju aliran panas adalah :

$$Q_1 \Rightarrow A_1 = 136.437,333 - 3.636.400 - 566.400 = 132.234.533 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 \Rightarrow A_2 = 36.364 \times 80 = 2.909.120 \text{ mm}^2 \text{ (lebar frame = 80 mm)}$$

$$Q_3 \Rightarrow A_3 = 7.080 \times 80 = 566.400 \text{ mm}^2 \text{ (lebar stiffner = 80 mm)}$$

$$Q_4 \Rightarrow A_4 = 4.460 \times 50 = 223.000 \text{ mm}^2 \text{ (lebar penumpu memanjang = 50 mm)}$$



Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien panas menyeluruh untuk alas fish hold, perhatikan tabel berikut

Huruf	Tebal (cm)	Konduktivitas ($\text{W/cm}^2.\text{C}$)	Q_1 ($\text{W/cm}^2.\text{C}$)	Q_2 ($\text{W/cm}^2.\text{C}$)	Q_3 ($\text{W/cm}^2.\text{C}$)	Q_4 ($\text{W/cm}^2.\text{C}$)
1	-		6.67E-04	6.67E-04	6.67E-04	6.67E-04
A	0,3	3.07E-03	97.87928222	97.87928222	97.87928222	97.87928222
B	28	2.31E-04	121212.1212	0	0	121212.1212
C	8	1.15E-03	6956.521739	6956.521739	6956.521739	6956.52174
D	3	1.15E-03	0	0	0	2608.69565
E	28	1.15E-03	0	0	24347.82609	0
F	28	1.15E-03	0	24347.82609	-	0
G	8	1.15E-03	6956.521739	6956.521739		6956.52174
2	-		1074.21	1074.21		1074.21
Tahanan termal dari tiap laju aliran panas (R)			136297.2546	39432.95951	39432.95951	138905.95

	$U = 1/R$ ($\text{W/cm}^2.^{\circ}\text{C}$)	A (mm^2)	A alas (mm^2)	A/A alas	A/A x U ($\text{W/cm}^2.^{\circ}\text{C}$)
Q_1	7.3369E-06	132234533	136437333	0.969196114	7.1109E-06
Q_2	2.5359E-05	3636400	136437333	0.026652529	6.75895E-07
Q_3	2.5359E-05	566400	136437333	0.04151356	1.05276E-07
Q_4	7.1991E-06	223000	136437333	0.0163445	1.2766E-08
Koefisien perpindahan panas menyeluruh					7.9038E-06

Tabel 5.8 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk alas fish hold

Keterangan :

U = koefisien perpindahan panas dari tiap luasan laju lairan panas dengan tahanan termal dengan $U = 1/R$, dimana R adalah tahanan dari laju aliran panas.

A = luas penampang tiap laju aliran panas



A/A alas = perbandingan luas penampang tiap laju aliran panas

Jadi $U_{al} = 7,9038 \cdot 10^{-6} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Sehingga dari data-data di atas diperoleh :

- luas alas fish hold = $136.437,33 \text{ cm}^2$
- koefisien perpindahan panas = $7,9038 \cdot 10^{-6} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

sehingga beban panas yang terjadi :

$$\begin{aligned} q &= U \times A \times (t_2 - t_1) \times 24 \\ &= 7,9038 \cdot 10^{-6} \times 136.437,33 \times (30 - (-1)) \times 24 \\ &= 0,802 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$

Sehingga total beban transmisi adalah sebesar 1,347 kW/hari

5.1.1.4. Beban Internal

Beban internal pada ruangan fish hold dibedakan atas dua sumber :

- sumber penerangan yang dihasilkan oleh lampu, peralatan yang dioperasikan di dalam ruangan, akan tetapi karena di dalam kapal ikan ini hanya lampu yang ada di dalam ruangan pendingin maka tidak membahas peralatan yang dioperasikan.
- orang yang bekerja di dalam fish hold baik saat memasukkan ikan ke fish hold maupun orang yang mengatur letak ikan-ikan tersebut.

Secara terpisah dilakukan perhitungan terhadap kedua beban tersebut :

1. Akibat lampu

- terdapat 2 lampu pada ruangan dengan daya masing –masing 40 watt, dengan penyalaan 30 menit per hari, sehingga :



q = jumlah lampu x panas ekuivalen tiap lampu x lama kerja/24 jam

$$= 2 \times 40 \times 0,5/24$$

$$= 1,667 \text{ Watt/hari}$$

2. Akibat manusia

- dari survei diperoleh data bahwa ada dua orang yang bekerja untuk menempatkan ikan-ikan agar proses pendinginan berlangsung sempurna.

q = jumlah pekerja x panas ekuivalen pekerja x lama kerja / 24 jam

$$= 2 \times 0,439 \times 0,5/24$$

$$= 1,83 \cdot 10^{-5} \text{ Watt/hari}$$

Rangkuman hasil akhir beban pendinginan

Tabel beban pendinginan pada fish hold

Beban pada ruang fish hold	KW/hari
Beban produk	14,929
Beban infiltrasi	0,531
Beban transmisi	1,347
Beban peralatan listrik	
- lampu	0,00167
- orang	0,0000000183
Jumlah	16,808

Tabel 5.9 Beban pada ruang fish hold



5.1.2. Analisa Perhitungan Kompresor

5.1.2.1. Penentuan Jenis Refrigeran

Definisi refrigeran merupakan suatu substansi kerja di dalam suatu sistem refrigerasi. Adapun karakteristik termodinamika dari refrigeran meliputi temperatur penguapan dan tekanan penguapan serta temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan. Di bawah ini merupakan hal-hal yang perlu di pertimbangkna sehubungan dengan suatu jenis refrigeran.

a. Tekanan penguapan tinggi

Hal tersebut dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporasi dan turunnya volumetris karena naiknya perbandingan kompresi.

b. Tekanan pengembunan yang tidak teralmpau tinggi

Dengan tekanan yang rendah maka perbandingan kompresinya akan lebih rendah sehingga penurunan prestasi kompressor dapat dihindarkan dan juga kondisi tekanan kerja yang lebih rendah maka resiko kerusakan juga akan berkurang.

c. Kalor pengupan harus tinggi

Refrigeran yang kalor pengupannya tinggi akan memberi keuntungan, karena untuk refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersikulasi menjadi kecil.

d. Volume spesifik yang cukup kecil



Dengan volume spesifik dari refrigeran yang kecil maka akan memungkinkan penggunaan kompressor dengan volume langkah torak yang kecil, sehingga akan berpengaruh terhadap dimensi unit refrigerasi yang bersangkutan.

- e. Koefisien prestasi yang tinggi. Parameter ini berkaitan dengan biaya operasi
- f. Konduktivitas termal yang tinggi
- g. Viskositas yang rendah dalam fase cair maupun gas
- h. Konstanta dielektronika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolasi listrik. Parameter ini akan sangat berguna terutama untuk penggunaan kompressor hermetik.
- i. Refrigeran hendaknya stabil, tidak bereaksi dengan material yang dipakai dan tidak menyebabkan korosi.
- j. Tidak beracun dan tidak merangsang baunya.
- k. Tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak.
- l. Harus mudah dideteksi bila terjadi kebocoran.
- m. Harganya tidak mahal dan mudah diperoleh.

Dari semua parameter tersebut, maka dalam pembahasan ini jenis refrigeran yang dipilih adalah R-22. hal ini didasarkan bahwa refrigeran jenis ini lazim digunakan dalam unit-unit pada umumnya.

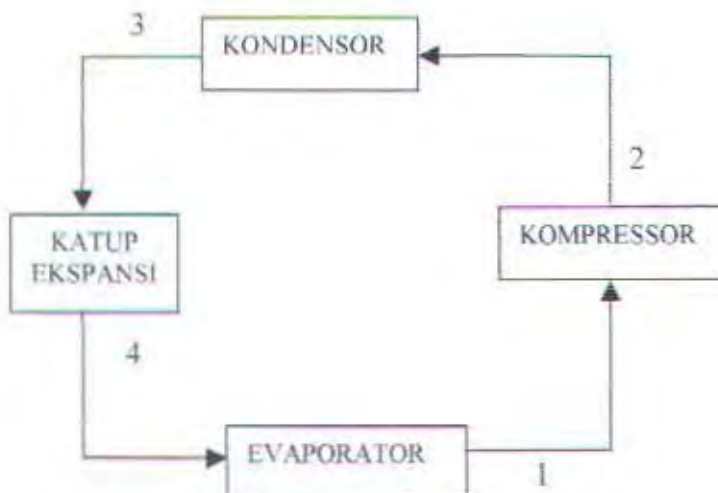
Adapun karakteristik R-22 sebagai berikut :

- rumus kimia = CHClF_2

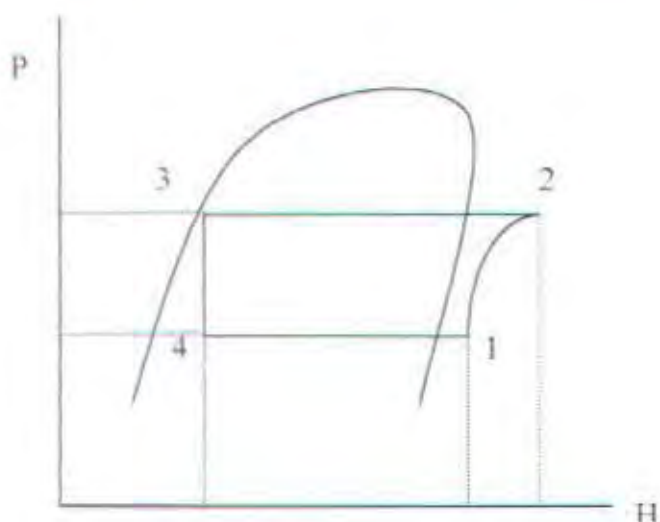


- tekanan penguapan = $6 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- tekanan pengembunan = $17,71 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- temperatur kritis = 96°C
- tekanan kritis = $49,12 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- kalor spesifik cair = $0,355 \text{ kal/cm}^2.\text{abs}$
- kalor laten penguapan = $55,92 \text{ kal/g}$
- volume spesifik cair = $0,833 \text{ m}^3/\text{kg}$
- tidak beracun dan non flammable

5.1.2.2. Daur refrigeran



Gambar 5.5 Skema sistem refrigerasi kompresi uap



Gambar 5.6 Siklus refrigerasi pada sistem refrigerasi kompresi vaporasi

- 1 – 2 Kompresi adiabatik dan isentropis
- 2 – 3 Penurunan tekanan temperatur pada tekanan konstan dan reversible sehingga terjadi pengembunan refrigeran
- 3 – 4 ekspansi non reversible pada entalpi konstan dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator
- 4 – 1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, sehingga terjadi penguapan menuju uap jenuh.

Temperatur di evaporator direncanakan -6°C dan temperatur pengembunan 39°C , sehingga secara spesifik dari diagram tekanan entalpi refrigeran 22 dapat diperoleh data sebagai berikut :

- dengan temperatur penguapan -6°C diperoleh tekanan penguapan 407,23 kpa
- dengan temperatur pengembunan 39°C diperoleh tekanan pengembunan 1496,5 kpa.



5.1.2.3. Analisis Kondisi Refrigeran Pada Satu Siklus Pendinginan

a. uap refrigeran masuk ke dalam kompresor (4-1), temperatur uap refrigeran keluar dari evaporator dalam kondisi uap jenuh (i_1) adalah -6°C

- tekanan = 407,23 kPa
- temperatur = -6°C
- entalpi = 403,114 kJ/kg
- volume spesifik = $5,7182 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- entropi = 1,76082 kJ/kg . K

b. refrigeran keluar dari kompresor dan masuk ke kondensor (i_2)

- tekanan = 1496,5 kg/cm²
- entalpi = 435 kJ/kg
- volume spesifik = $2,4586 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- entropi = 1,76802 kJ/kg . K

c. refrigeran keluar kondensor dan masuk katup ekspansi (i_3)

- tekanan = 1496,5 kg/cm²
- entalpi = 248,361 kJ/kg

d. refrigeran keluar katup dan masuk evaporator (i_4)

- tekanan = 407,23 kg/cm²
- entalpi = 248,361 kJ/kg

berdasarkan data tersebut, maka perhitungan data karakteristik siklus refrigerasinya adalah :

- efek refrigerasi (q_e) merupakan kalor yang diserap di dalam evaporator yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :



$q_e = i_1 - i_4$ dimana: i_1 = entalpi refrigeran ke dalam kompressor

i_4 = entalpi refrigeran keluar katup ekspansi

$$= (403,114 - 248,361) \text{ kJ/kg}$$

$$= 154,75 \text{ kJ/kg}$$

- kalor ekuivalen (Δi) dari kerja kompresi 1 kg refrigeran

$\Delta i = i_2 - i_1$ dimana i_2 = entalpi refrigeran keluar kompressor dan masuk ke dalam kondensor

$$= (435 - 403,114)$$

$$= 31,886 \text{ kJ/kg}$$

- kalor yang dilepaskan di dalam kondensor, dimana dari kesetimbangan energi kalor yang dilepaskan dalam kondensor harus sama dengan jumlah efek refrigerasi (q_e) dan kalor ekuivalen dari kerja yang diberikan kepada refrigeran selama langkah kompresi (Δi) sehingga :

$$q_e = i_1 - i_4 \text{ dan } \Delta i = i_2 - i_1$$

maka

$$q_e = (i_1 - i_4) + (i_2 - i_1)$$

$$= (i_2 - i_4)$$

$$= (435 - 248,361) \text{ kJ/kg}$$

$$= 186,639 \text{ kJ/kg}$$

- jumlah refrigeran yang bersikulasi (G) adalah :

$$G = Q/q_e$$

Dimana : Q = kapasitas refrigerasi (kJ/h) = 16.808 kJ/h



q_e = efek refrigerasi yang merupakan pengurangan entalpi saat keluar evaporator dengan entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

sehingga :

$$G = 16.808 / 186,639$$

$$= 90,056 \text{ kg/h}$$

- koefisien Prestasi (COP)

COP = efek refrigerasi /kalor ekuivalen dari kerja yang diperlukan

$$= q_e / A/$$

$$= 186,639 / 31,886$$

$$= 5,85$$

- volume uap yang bersirkulasi atau biasa disebut volume langkah torak :

$$V = G \times v_a$$

Dengan :

G = jumlah uap yang bersirkulasi (kg/s)

v_a = volume spesifik refrigeran saat uap refrigeran dihisap masuk oleh kompressor (titik 1)

sehingga :

$$V = 90,056 \times 5,17182 \cdot 10^{-2}$$

$$= 4,663 \text{ m}^3/\text{h}$$

- daya yang diperlukan kompressor (N)

dihitung dari diagram Mollier dengan data entalpi seksi masuk dan seksi keluar sehingga :

$$N = \frac{(h_2 - h_1)}{860} \times \left(\frac{V}{v} \right)$$



dimana :

N = daya yang diperlukan kompressor (kW)

i = entalpi gas (kJ/kg)

V = volume yang dipindahkan kompressor (m^3/s)

v = volume spesifik gas (m^3/kg)

$V/v = G$ = gas yang dikompresikan (kg/h)

$$N = \frac{(435 - 403,114)}{860} \times (90,056)$$

$$= 3,34 \text{ kW}$$

5.1.3. Analisis Perhitungan kondensor

1. Jumlah Air pendingin

Pada proses pelepasan kalor di dalam kondensor akan sama dengan kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dan akan sama dengan energi untuk melakukan kerja kompressor. Oleh karena itu, satu sama lain saling berhubungan. Maka data daya dan juga kapasitas refrigerasi akan tetap diperlukan dalam perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kalor pengembunan} &= \text{Kapasitas refrigerasi (kW)} - \text{daya kompressor (kW)} \\ &= 16,808 - 3,34 \text{ (kW)} \\ &= 13,468 \text{ kW} \\ &= 15,663,28 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\text{jumlah air pendingin} = \frac{\text{kalor pengembunan}}{1 \text{ kkal/liter} \cdot ^\circ C \times (T_{out} - T_m)}$$



$$= \frac{15.663,28}{38,2 - 29,4}$$

$$= 1.779,92 \text{ l/jam}$$

2. Menentukan Dimensi peralatan

Data yang mendukung digunakan untuk menghitung luas bidang pendinginan yang diperlukan kondensor untuk memenuhi pengembunan yang dirancang:

$$\text{Luas bidang pengembunan} = \frac{\text{Kalor pengembunan}}{\text{Koefisien perpindahan panas} \times \text{perbedaan rata-rata suhu antara refrigeran dengan fluida}}$$

Dihitung dulu harga koefisien perpindahan panas total (k)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{l_a}{\lambda_a} + \frac{1}{\lambda} + \frac{l_f}{\lambda_f} + \frac{1}{\lambda_w}}$$

Data yang diperoleh :

Temperatur refrigeran masuk 39°C

$$C_p = 0,147 \text{ J/kg.K}$$

$$\rho = 1.215,9 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,0105 \text{ W/m.K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,525 \text{ m}$$

$$\mu = 0,0000135 \text{ kg/m.s}$$

$$\lambda_r = \left[\frac{0,023 \times 0,0105}{0,0525} \times \left(\frac{2 \times 0,0105 \times 1.215,9}{0,0000135} \right)^{0,8} \times \left(\frac{0,147 \times 0,0000135}{0,0525} \right)^{0,4} \right]$$



$$= 8,226 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

sehingga :

$$1/\lambda_r = 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

λ_{air} = koefisien konduktivitas termal lapisan dinding pada sisi air pendingin

Data yang ada :

$$C_p = 4,178 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$\rho = 995,64 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,6194 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,0604 \text{ m}$$

$$\mu = 803 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

$$\lambda_{\text{air}} = \left[\frac{0,023 \times 0,6914}{0,060452} \times \left(\frac{2 \times 0,6194 \times 945,64}{803} \right)^{0,8} \times \left(\frac{0,4178 \times 803}{0,060452} \right)^{0,4} \right]$$

$$= 225,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

sehingga :

$$1/\lambda_{\text{air}} = 0,00397 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Faktor pengotoran (λ_{air}) = 0,0002 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

Diameter luar = 0,060452 m

Untuk baja mempunyai harga konduktivitas termal (k) = 54 $\text{W/m} \cdot \text{K}$

Sehingga :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{(0,060452 - 0,0525)/2}{46,43}$$

$$= 8,563 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



Tebal lapisan minyak diasumsikan 0,01 mm dengan harga k lapisan minyak 0,12 kkal/m.h°C

$$l_o/\lambda_o = 0,00001/0,12 = 8,38.10^{-5}$$

$$l_f/\lambda_f = 0,0002 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Jadi nilai k :

$$k = \frac{1}{0,12 + 8,563.10^{-5} + 8,33.10^{-3} + 0,00002 + 0,0397}$$
$$= 6,2473 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Perbedaan temperatur rata-rata antara refrigeran dengan fluida dapat dicari dengan

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (\Delta_{t1} - \Delta_{t2})}{\log \frac{\Delta_{t1}}{\Delta_{t2}}}$$

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (40 - 29,4)}{\log \frac{40}{29,4}}$$
$$= 4,914 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Luas pendingin dari kondensor dirumuskan dengan :

$$Q = k \times A_o \times \Delta_{tm}$$

$$A_o = \frac{Q}{k \cdot \Delta_{tm}} = \frac{16.808}{6,2473 \times 4,914}$$
$$= 9,681 \text{ m}^2$$

sehingga panjang dari pipa koil adalah:

$$L = \frac{A}{\pi \times OD} = \frac{9,681}{\pi \times 0,060452} = 51,001 \text{ m}$$



5.1.4. Analisis Perhitungan Evaporator

Analisa Perhitungan Luas Perpindahan Panas pada Evaporator

Data yang diperlukan :

Besar perpindahan panas yang akan diserap oleh uap refrigeran dari ruang fish hold yaitu sebesar 16,8 kW.

1. Direncanakan temperatur refrigeran masuk = 29,4°C
2. temperatur refrigeran keluar = 23,4°C
3. direncanakan ukuran pipa :
 - diameter dalam = 15,80 mm
 - diameter luar = 18,57 mm
 - diameter rata-rata pipa = 17,185 mm
4. besar koefisien perpindahan panas dengan rumus :

$$\frac{1}{\pi_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{x \times A_o}{k \times A_m} + \frac{A_o}{h_f \times A_i} + \frac{A_o}{h_i \times A_i}$$

dimana:

$$\begin{aligned} A_o &= \text{luas permukaan luar pipa (m}^2 \text{)} \\ &= \pi \cdot 0,01857 \text{ m}^2/\text{m} = 0,0583 \text{ m}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= \text{luas permukaan dalam pipa (m}^2 \text{)} \\ &= \pi \cdot 0,0158 \text{ m}^2/\text{m} = 0,0496 \text{ m}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_m &= \text{luas permukaan rata-rata sekeliling pipa (m}^2 \text{)} \\ &= \pi \cdot 1,7185 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m} = 5,34 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m} \end{aligned}$$



$$x = \text{tebal pipa} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$k = \text{daya hantar panas pipa (baja)} = 54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$1/h_f = \text{faktor pengotoran} = 0,0000176 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$h_o = \text{koefisien perpindahan panas konveksi dari luar pipa}$$

$$= 3,2 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$= 18,17 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

Untuk perhitungan harga koefisien perpindahan panas secara konveksi dalam pipa evaporator maka terlebih dahulu harus kita ketahui data-data sebagai berikut :

- bilangan reynolds (Re) = $V \times D/v$
- bilangan Prandtl (Pr) = $C_p \times \mu /k$

dimana :

$$v = \text{kecepatan aliran} = W \times V_{sp}/A$$

$$W = \text{laju aliran massa refrigeran} = 0,025 \text{ kg/s}$$

$$V_{sp} = \text{volume spesifik refrigeran}$$

$$h_{fg} = (1 - x) \cdot h_f + x \cdot h_g$$

$$x = h_{fg} - h_f / h_g - h_f$$

$$= 109,746 - 165,0604 / 392,69 - 165,0604$$

$$= 0,10845$$

$$V_{sp} = (1 - x) \cdot V_{spf} + x \cdot V_{sg}$$

$$= (1 - 0,10845) \cdot 0,722976 + 0,10845 \cdot 141,9552$$

$$= 16,04 \text{ l/kg} = 0,01604 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$A = \text{luas diameter dalam pipa}$$

$$= \pi / 4 \cdot (0,0158)^2 = 0,0001961 \text{ m}^2$$



sehingga kecepatan aliran di dalam evaporator adalah :

$$v = \frac{0,025 \times 0,0164}{1,96 \cdot 10^{-3}} = 0,33 \text{ m/s}$$

μ = viskositas refrigeran

$$\begin{aligned} &= [(1-x) \cdot \mu_f + (x \cdot \mu_g)] \\ &= [(1 - 0,10845) \cdot 0,000325 + (0,10845 \cdot 0,0000135)] \\ &= 6,89 \cdot 10^{-5} \text{ kg /m.s} \end{aligned}$$

ρ = rapat masa refrigeran = $63,34 \text{ kg / m}^3$

ν = viskositas kineematis refrigeran = $4,652 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

C_p = spesifik heat refrigeran

$$\begin{aligned} &= [(1-x) \cdot C_{pf} + (x \cdot C_{pg})] \\ &= [(1 - 0,10845) \cdot 0,26 + (0,10845 \cdot 0,145)] \\ &= 0,2475 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \\ &= 1036,26 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \end{aligned}$$

k = konduktivitas refrigeran

$$\begin{aligned} &= [(1-x) \cdot k_f + (x \cdot k_g)] \\ &= [(1 - 0,10845) \cdot 0,057 + (0,10845 \cdot 0,0048)] \\ &= 0,051 \text{ Btu/hr.ft}^2 \\ &= 8,83 \cdot 10^{-2} \text{ W /m.K} \end{aligned}$$

sehingga bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{1,292,19 \times 0,326 \times 0,0158}{7,31 \cdot 10^{-5}} = 91.050,78$$

maka bilangan Prandtl (Pr)



$$Pr = \frac{1036.26 \times 6,89 \cdot 10^{-5}}{0,0883} = 4,16 \cdot 10^{-4}$$

harga koefisien perpindahan panas konveksi dalam pipa (h_i)

$$h_i = \frac{0,023 \times k / D}{Re^{0,8} \times Pr^{0,4}}$$

$$= \frac{0,023 \times 0,0298 / 0,0158}{(91.050,78)^{0,8} \times (4,16 \cdot 10^{-4})^{0,4}} = 17,88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Koefisien perpindahan panas total evaporator :

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{x \times A_o}{k \times A_m} + \frac{A_o}{h_f \times A_i} + \frac{A_o}{h_i \times A_i}$$

$$\frac{1}{U_o} = 18,17 + \frac{0,00277 \times 0,0583}{54 \times 0,0534} + \frac{0,0583}{0,049 \times 0,0583} + \frac{0,0583}{17,88 \times 0,049} = 0,1229 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

jadi $U_o = 8,137 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Dari perhitungan di atas dapat dihitung luasan perpindahan panas dari evaporator

$$Q = U_o \cdot A \cdot \Delta t$$

$$A = Q / U_o \cdot \Delta t$$

$$= 16.808 / 8,137 \cdot 6$$

$$= 344,27 \text{ m}$$

Panjang pipa koil yang dibutuhkan :

$$l = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{344,27}{\pi \times 18,57 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 590,41 \text{ m}$$



5.2. Perhitungan Beban pendinginan untuk kapal ikan jenis 30 GT

5.2.1. Perhitungan Beban Pendingin

Beban pendinginan meliputi :

1. Beban Produk
2. Beban Infiltrasi
3. Beban Transmisi
4. Beban Internal

5.2.1.1. Beban Produk

Data ikan tuna yang di dapat :

- temperatur saat penangkapan = 30°C
- temperatur yang diharapkan = -1°C
- panas spesifik ikan tuna di atas titik freezing = $0,41 \text{ kal/kg}^{\circ}\text{C}$
- waktu pengesan = 16 jam
- berat total tangkapan ikan = 4,5 ton

Besar kalor yang diserap es sampai suhu -1°C :

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta t / \theta$$

Dimana ;

m = berat produk (gr)

c = panas spesifik produk

Δt = selisih suhu awal ikan dengan suhu ikan yang direncanakan

θ = waktu untuk mendinginkan produk (jam)



Sehingga :

$$Q_i = 4,5 \text{ ton} \times 0,41 \times 31 / 16 \\ = 3574,68 \text{ kal/jam}$$

Besar kalor untuk mempertahankan suhu tuna pada kondisi penyimpanannya :

$$Q_f = m \times L / \theta_p$$

Dimana :

m = berat produk

L = panas laten di atas titik freezing = 38,89 kal/kg

θ_p = waktu untuk kembali ke dermaga (jam) = 48 jam

Sehingga :

$$Q_f = 4,5 \text{ ton} \times 38,89 / 48 \\ = 3645,93 \text{ kal/jam}$$

Total beban kalor produk :

$$Q_i + Q_f = 8,3975 \text{ kW/hari}$$

5.2.1. 2. Perhitungan Beban Infiltrasi

Penyebab beban infiltrasi adalah bukaan palkah (tutupnya) saat memasukkan tuna .

Kondisi dasar :

- volume fish hold 14,5 m³ dengan kapasitas maksimum 4,5 ton
- temperatur udara luar 33⁰C
- dari survei diperoleh bahwa waktu bukaan untuk memasukkan ikan tuna dan menatanya = 30 menit untuk satu kali tangkapan



- untuk pergantian udara tiap jam, dengan volume $14,5 \text{ m}^3$ dan suhu -1°C tiap 24 jam maka diperoleh harga bukaan 25,9 kali (Dossat, Roy J. 1981) dengan faktor koreksi 50% dari harga awal. Sehingga besarnya pergantian udara tiap jam dalam satu kali pelayaran :

$$= \text{perubahan udara} \times \text{volume ruangan}$$

$$= 25,9 \text{ per } 24 \text{ jam} \times 14,5 \text{ m}^3$$

Dengan temperatur dan relative humidity palka ikan seperti diatas dari tabel beban kalor udara infiltrasi, didapatkan bahwa besarnya kalor yang timbul per volume ruangan adalah $2,94 \text{ Btu/ft}^3$. Dengan suhu penyimpanan berkisar -1°C maka akan mempunyai relative humidity antara 50%-60%. Sehingga besarnya beban panas infiltrasi adalah :

$$q = \text{volume ruangan} \times \text{jumlah pergantian udara tiap jam} \times \text{panas gain yang masuk tiap } \text{m}^3 \text{ udara}$$

$$= 25,9 \text{ per } 24 \text{ jam} \times 511,85 \text{ ft}^3 \times 2,94 \text{ Btu/ft}^3$$

$$= 38975,330 \text{ Btu per } 24 \text{ jam}$$

$$= 409 \text{ kkal/jam}$$

$$= 0,475 \text{ kW/hari}$$

5.2.1.3. Perhitungan Beban Transmisi

Beban transmisi di ruang fish hold disebabkan oleh :

- a. transmisi matahari, yang terjadi pada atap, dinding samping kiri dan kanan di atas LWL.



- b. transmisi air laut yang terjadi pada alas dan dinding samping kiri dan kanan di bawah LWL

a. Transmisi Matahari

1. Dinding samping kiri dan kanan

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Atas LWL (U_{dal})

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk dinding fish hold, perhatikan tabel berikut :

Nama	Lebar	Lebar interior	Lebarnya bagian
	(cm)	(W/cm ² C)	aliran panas (K)
Permukaan luar fish hold, udara bergerak	-		299,37
Kayu	4	1.15E-03	3478.26067
Lug piece (stainless steel)	25	2.66E-04	93984.9624
Kayu	2	1.15E-03	1739.13043
Frame kayu	20	1.15E-03	34782.6087
Polyurethane	25	2.31E-04	106225.106
Fiberglass	0.6	3.61E-03	1664.35506
Senta lambung kayu	10	1.15E-03	86.9565
Permukaan dalam hold, udara	-		1074.21

Tabel 5.10 Nama bagian dinding atas Lwl



Sehingga dengan perhitungan seperti pada kapal 30 GT long line di atas diketahui besarnya koefisien perpindahan panas total untuk dinding di atas LWL dengan besarnya luas penampang sebesar 950400 mm^2 adalah

$$U_{\text{dai}} = 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Warna cat dinding kapal terang (light coloured surfaces) sehingga diperoleh harga koreksi sebagai berikut :

- dinding sebelah timur dan Barat = $2,22^\circ\text{C}$
- dinding sebelah Utara dan Selatan = $1,11^\circ\text{C}$

Digunakan harga berdasarkan referensi Wiranto Arismunandar (penyegaran Udara, 1986) bahwa beban puncak terjadi pada : bagian Timur pada pukul 09.00 – 11.00; bagian selatan pada pukul 12.00 – 14.00 ; bagian Barat pada pukul 16.00 – 18.00.

Dengan mengambil asumsi bahwa beban puncak terjadi pada saat dinding menghadap ke arah Timur maka beban kalor yang terjadi adalah :

$$Q = U \times A [(t_2 - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2]$$

Dengan :

$$U = \text{koefisien perpindahan panas total dinding} = 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = \text{luas total dinding} = 9.504 \text{ cm}^2$$

$$t_1 = \text{temperatur ruangan} = -1^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \text{temperatur udara luar tanpa sun factor} = 33$$

$$t_2' = \text{temperatur udara luar} + \text{koreksi} = 33 + 2,22 = 35,22^\circ\text{C}$$



F_1 = faktor lama penyinaran matahari pad beban dengan posisi
dinding Timur = 2°C

F_2 = faktor lama penyinaran matahari dengan sun factor = $24 - 2$
 -22°C

Jadi beban kalornya :

$$Q = 2,05 \cdot 10^{-4} \times 9.504 \times [(36,22) \times 2 + (34) \times 22]$$
$$= 1598,47 \text{ watt}$$

beban kalor harian :

$$q = Q/\text{hari}$$
$$= 1598,47 \times 12/30$$
$$= 0,634 \text{ kW /hari}$$

2. Atap palkah

Koefisien Perpindahan Panas untuk Atap (U_{at})

Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas ($\text{W}/\text{cm}^2\cdot\text{C}$)	
Permukaan atas atap, udara bergerak	-		299.37
Kayu	4	1.15E-03	3478.26067
Glasswool	2	4.00E-04	5000
Polyurethane	18	2.31E-03	7792.207792
Kayu	2	1.15E-03	1739.130435
Fiberglass	0,3	3.07E-03	978.798222
Deck beam	20	1.15E-03	17391.30435
Kayu penunjang	6	1.15E-03	5217.392304
Permukaan bawah atap, udara	-		1074.21

Tabel 5.11 Perhitungan Koefisien Perpindahan panas untuk atap



Dengan luasan keseluruhan sebesar $8.946,56 \text{ cm}^2$ maka U_{at} adalah sebesar $2,89 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Sehingga beban transmisi matahari atap jam 10.00 – 16.00 dengan sun factor $8,33^\circ\text{C}$ adalah :

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times [(t_2' - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2] \\ &= 2,89 \cdot 10^{-4} \times 8.946,56 \times [(36,22) \times 6 + (34) \times 18] \\ &= 2144,25 \text{ W} \end{aligned}$$

Sehingga beban kalor per hari (q)

$$\begin{aligned} q &= 2144,25 \text{ W} \times 11/30 \text{ hari} \\ &= 0,326 \text{ W/hari} \end{aligned}$$

b. Beban Transmisi Panas Air Laut

1. Dinding Samping di Bawah LWL

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Bawah LWL (U_{dhd})

Data air laut

Temperatur air laut = 30°C

Asumsi kecepatan air laut = 9 knots = 4,5 m/detik

$L_{pp} = 20,80 \text{ m}$

Kerapatan (ρ) = $0,823 \text{ kg/m}^3$

Viskositas dinamis = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Konduktivitaas termal (k) = $0,6914 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

Bilangan prandtl (Pr) = 5,412



Dari data diatas dihitung bilangan reynolds :

$$\begin{aligned} Re &= L \times V \times \rho / \nu \\ &= 20,80 \times 4,5 \times 0,823 \times 10^6 / 22 \\ &= 3,50 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

jenis alirannya turbulen

Untuk aliran turbulen berlaku persamaan Dittus – Boeter :

$$Nu = 0,02 \times Re^{0,8} \times Pr^n$$

dengan :

$$Nu = \text{bilangan Nusselt} = h \times L / k$$

h = koefisien perpindahan panas konveksi

L = panjang kapal

k = konduktivitas termal

N = koefisien nondimensional = 0,4 (untuk pemanasan) dan 0,3 (untuk pendinginan)

Diambil $n = 0,4$ karena terjadi aliran dari sisi luar ke sisi dalam fish hold yang lebih dingin, sehingga diperoleh :

$$Nu = 0,023 \times (3,50 \cdot 10^7)^{0,8} \times 5,412^{0,4} = 49.014,59$$

Dan

$$h = Nu \times k / L$$

$$= 49.014,59 \times 0,6914 / 20,80 = 1629,263 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Jadi tahanan termal permukaan luar dinding fish hold adalah :

$$Rs = 1/h = 1/1629,263 = 6,137 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$



Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien panas menyeluruh untuk dinding bawah Lwl, perhatikan tabel berikut :

<i>Nama</i>	<i>Tebal (cm)</i>	<i>Konduktivitas (W/cm².C)</i>	<i>Tahanan termal aliran panas (R)</i>
<i>Permukaan luar fish hold, udara bergerak</i>	-		6.137E-04
<i>Kayu</i>	4	1.15E-03	3478.26067
<i>Lug piece (stainless steel)</i>	25	2.66E-04	93984.9624
<i>Kayu</i>	2	1.15E-03	1739.13043
<i>Frame kayu</i>	20	1.15E-03	17391.3043
<i>Polyurethane</i>	25	2.31E-04	108225.108
<i>Fiberglass</i>	0,6	3.61E-03	1664.35506
<i>Senta lambung kayu</i>	10	1.15E-03	
<i>Permukaan dalam hold, udara</i>	-		1074.21

Tabel 5.12 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding bawah Lwl

Sehingga dengan luasan total sebesar 6.680 cm² ; $U_{dbl} = 1,67 \cdot 10^{-1} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Dari data yang didapat :

- luasan dinding samping = 6.680 cm²
- koefisien perpindahan panas = $1,67 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Sehingga beban panas yang terjadi :

$$\begin{aligned} q &= U \times A \times (t_2 - t_1) \times 24 \\ &= 1,67 \cdot 10^{-4} \times 6.680 \times (31) \times 24 \\ &= 0,829 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$



2. Alas

Koefisien perpindahan panas untuk alas (U_{al})

Data air laut :

Temperatur air laut = 30°C

Asumsi kecepatan air laut = 9 knots = 4,5 m/detik

$L_{pp} = 20,80 \text{ m}$

Kerapatan (ρ) = $0,823 \text{ kg/m}^3$

Viskositas dinamis = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Konduktivitas termal (k) = $0,6914 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

Bilangan prandtl (Pr) = 5,412

Dari data diatas dihitung bilangan reynolds :

$$\begin{aligned} Re &= L \cdot V \cdot \rho / \nu \\ &= 20,80 \times 4,5 \times 0,823 \times 10^6 / 22 \\ &= 3,501 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

Jenis alirannya turbulen

Untuk aliran turbulen berlaku persamaan Dittus – Boeter :

$$Nu = 0,02 \times Re^{0,8} \times Pr^n$$

dengan :

Nu = bilangan Nusselt = $h \times L / k$

h = koefisien perpindahan panas konveksi

L = panjang kapal

k = konduktivitas termal



Nu = koefisien nondimensional = 0,4 (untuk pemanasan) dan 0,3 (untuk pendinginan)

Diambil $n = 0,4$ karena terjadi aliran dari sisi luar ke sisi dalam fish hold yang lebih dingin, sehingga diperoleh :

$$Nu = 0,023 \times (3,501 \cdot 10^7)^{0,8} \times 5,412^{0,4} = 49.014,59$$

Dan

$$h = Nu \times k/L$$

$$= 49.014,59 \times 0,6914 / 20,80 = 1.497,36 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Jadi tahanan termal permukaan luar dinding fish hold adalah :

$$R_s = 1/h = 1/1629,263 = 6,137 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien panas menyeluruh untuk alas fish hold, perhatikan tabel berikut

Nomor	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² .°C)	Tahanan termal untuk aliran panas (R)
Permukaan bawah lantai, air laut	-		6,137E-04
Fiberglass	0,3	3,07E-03	97,87928222
Polyurethane	28	2,31E-04	121212,1212
Kayu	8	1,15E-03	6956,521739
Kayu pemumpu	3	1,15E-03	2608,69565
Stiffener (kayu)	28	1,15E-03	24347,82609
Frame (kayu)	28	1,15E-03	2437,82609
Kayu	8	1,15E-03	6956,521739
Permukaan atas lantai, udara	-		1074,21

Tabel 5.13 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk alas fish hold



Dengan diketahui luasan fish hold sebesar 8.543

sehingga $U_{al} = 5,788.10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Sehingga dari data-data di atas diperoleh :

luas alas fish hold = 8.543 cm^2

koefisien perpindahan panas = $5,788.10^{-5} \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

sehingga beban panas yang terjadi :

$$\begin{aligned} q &= U \times A \times (t_2 - t_1) \times 24 \\ &= 5,788.10^{-5} \times 8.543 \times (31) \times 24 \\ &= 0,036 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$

Sehingga total beban transmisi adalah sebesar 1,825 kW/hari

5.2.1.4. Beban Internal

Beban internal pada ruangan fish hold dibedakan atas dua sumber :

- sumber penerangan yang dihasilkan oleh lampu, peralatan yang dioperasikan di dalam ruangan, akan tetapi karena di dalam kapal ikan ini hanya lampu yang ada di dalam ruangan pendingin maka tidak membahas peralatan yang dioperasikan.
- orang yang bekerja di dalam fish hold baik saat memasukkan ikan ke fish hold maupun orang yang mengatur letak ikan-ikan tersebut.

Secara terpisah dilakukan perhitungan terhadap kedua beban tersebut :

a. Akibat lampu

Terdapat 2 lampu pada ruangan dengan daya masing –masing 25 watt, dengan penyalaan 30 menit per hari, sehingga :



Q = Jumlah lampu x panas ekuivalen tiap lampu x lama kerja . 24
jam

$$= 2 \times 25 \times 0,5 \times /24$$

$$= 1,042 \cdot 10^{-3} \text{ kW/hari}$$

b. Akibat manusia

Dari survei diperoleh data bahwa ada dua orang yang bekerja untuk menempatkan ikan-ikan agar proses pendinginan berlangsung sempurna.

q = jumlah pekerja x panas ekuivalen pekerja x lama kerja / 24 jam

$$= 2 \times 0,439 \times 0,5/24$$

$$= 1,83 \cdot 10^{-8} \text{ kWatt/hari}$$

Rangkuman hasil akhir beban pendingan

Tabel beban pendingan pada fish hold

Beban pada ruang fish hold	kW/hari
Beban produk	8,3975
Beban infiltrasi	0,475
Beban transmisi	1,825
Beban internal	0,0010420
Jumlah	10,698

5.2.2. Analisa Perhitungan Kompresor

5.2.2.1. Penentuan Jenis Refrigeran

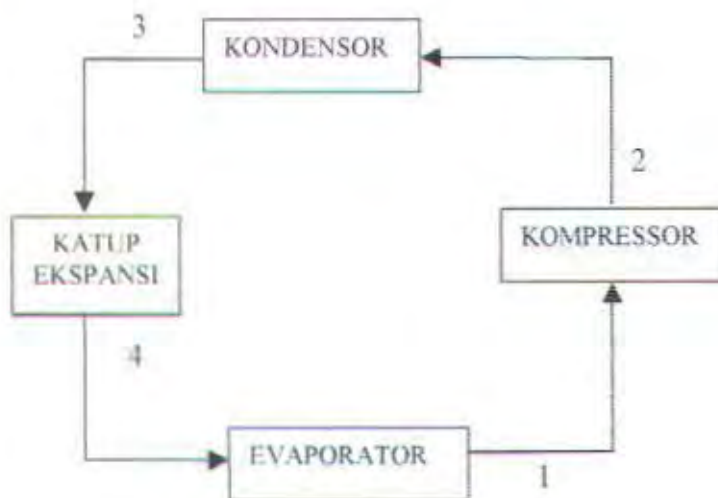
Jenis refrigeran yang dipilih adalah R-22. hal ini didasarkan bahwa refrigeran jenis ini lazim digunakan dalam unit-unit pada umumnya.



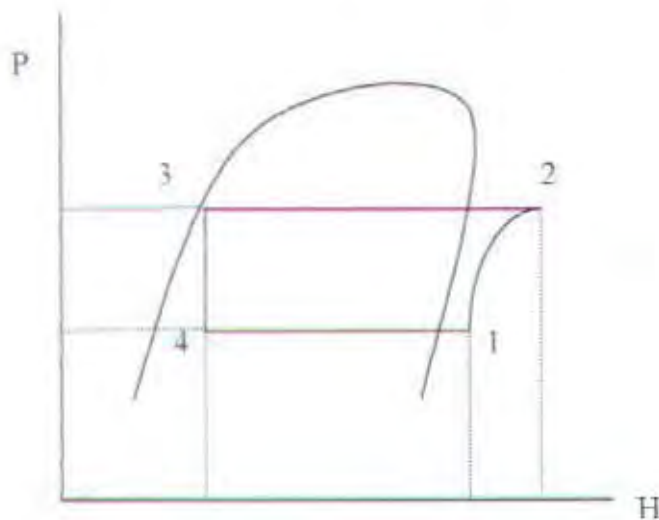
Adapun karakteristik R-22 sebagai berikut :

- a. rumus kimia = CHClF_2
- b. tekanan penguapan = $6 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$
- c. tekanan pengembunan = $17,71 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$
- d. temperatur kritis = 96°C
- e. tekanan kritis = $49,12 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$
- f. kaloe spesifik cair = $0,355 \text{ kal/cm}^2 \cdot \text{abs}$
- g. kalor laten penguapan = $55,92 \text{ kal/g}$
- h. volume spesifik cair = $0,833 \text{ m}^3/\text{kg}$
- i. tidak beracun dan non flammable

5.2.2.2. Daur refrigeran



Gambar 5.7 Skema sistem refrigerasi kompresi vaporasi
untuk kapal 30 GT



Gambar 5.8 Siklus refrigerasi pada sistem refrigerasi kompresi vaporasi untuk kapal 30 GT

- 1 – 2 Kompresi adiabatik dan isentropis
- 2 – 3 Penurunan tekanan temperatur pada tekanan konstan dan reversible sehingga terjadi pengembunan refrigeran
- 3 – 4 ekspansi non reversible pada entalpi konstan dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator
- 4 – 1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, sehingga terjadi penguapan menuju uap jenuh.

Temperatur di evaporator direncanakan -6°C dan temperatur pengembunan 39°C , sehingga secara spesifik dari diagram tekanan entalpi refrigeran 22 dapat diperoleh data sebagai berikut :

- dengan temperatur penguapan -6°C diperoleh tekanan penguapan 407,23 kpa



- dengan temperatur pengembunan 39°C diperoleh tekanan pengembunan 1496,5 kpa.

5.2.2.3. Analisis Kondisi Refrigeran Pada Satu Siklus Pendinginan

a. uap refrigeran masuk ke dalam kompresor (4-1), temperatur uap refrigeran

keluar dari evaporator dalam kondisi uap jenuh (i_1) adalah -6°C

- tekanan = 407,23 kPa
- temperatur = -6°C
- entalpi = 403,114 kJ/kg
- volume spesifik = $8,04103 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- entropi = 1,76082 kJ/kg . K

b. refrigeran keluar dari kompresor dan masuk ke kondensor (i_2)

- tekanan = 1496,5 kg/cm²
- entalpi = 435 kJ/kg
- volume spesifik = $2,4586 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- entropi = 1,76802 kJ/kg . K

c. refrigeran keluar kondensor dan masuk katup ekspansi (i_3)

- tekanan = 1496,5 kg/cm²
- entalpi = 248,361 kJ/kg

d. refrigeran keluar katup dan masuk evaporator (i_4)

- tekanan = 407,23 kg/cm²
- entalpi = 248,361 kJ/kg



berdasarkan data tersebut, maka perhitungan data karakteristik siklus refrigerasinya adalah :

- efek refrigerasi (q_e) merupakan kalor yang diserap di dalam evaporator yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$q_e = i_1 - i_4 \quad \text{dimana: } i_1 = \text{entalpi refrigeran ke dalam komprassor}$$

$$i_4 = \text{entalpi refrigeran keluar katup ekspansi}$$

$$= (403,114 - 248,361) \text{ kJ/kg}$$

$$= 154,75 \text{ kJ/kg}$$

- kalor ekivalen ($A/$) dari kerja kompresi 1 kg refrigeran

$$A/ = i_2 - i_1 \quad \text{dimana } i_2 = \text{entalpi refrigeran keluar kompressor dan masuk}$$

$$\text{ke dalam kondensor}$$

$$= (435 - 403,114)$$

$$= 31,886 \text{ kJ.kg}$$

- kalor yang dilepaskan di dalam kondensor, dimana dari kesetimbangan energi kalor yang dilepaskan dalam kondensor harus sama dengan jumlah efek refrigerasi (q_e) dan kalor ekuivalen dari kerja yang diberikan kepada refrigeran selama langkah kompresi ($A/$) sehingga :

$$q_e = i_1 - i_4 \text{ dan } A/ = i_2 - i_1$$

maka

$$q_e = (i_1 - i_4) + (i_2 - i_1)$$

$$= (i_2 - i_4)$$

$$= (435 - 248,361) \text{ kJ/kg}$$

$$= 186,639 \text{ kJ/kg}$$





- Jumlah refrigeran yang bersikulasi (G) adalah :

$$G = Q/q_e$$

Dimana : Q = kapasitas refrigerasi (kJ/h) = 10,698 kJ/h

q_e = efek refrigerasi yang merupakan pengurangan entalpi saat keluar evaporator dengan entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)
sehingga :

$$\begin{aligned} G &= 10,698 / 186,639 \\ &= 59,319 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

- Koefisien Prestasi (COP)\

COP = efek refrigerasi /kalor ekuivalen dari kerja yang diperlukan

$$\begin{aligned} &= q_e / A \\ &= 186,639 / 31,886 \\ &= 5,85 \end{aligned}$$

- Volume uap yang bersirkulasi atau biasa disebut volume langkah torak :

$$V = G \times v_a$$

Dengan :

G = jumlah uap yang bersirkulasi (kg/s)

v_a = volume spesifik refrigeran saat uap refrigeran dihisap masuk oleh kompressor (titik 1)

sehingga :

$$\begin{aligned} V &= 59,319 \times 5,71820 \cdot 10^{-2} \\ &= 3,392 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$



- Daya yang diperlukan kompresor (N)

dihitung dari diagram Mollier dengan data entalpi seksi masuk dan seksi keluar sehingga

$$N = \frac{(i_2 - i_1)}{860} \times \left(\frac{V}{v} \right)$$

dimana :

N = daya yang diperluak kompresor (kW)

i = entalpi gas (kJ/kg)

V = volume yang dipindahkan kompresor (m³/s)

v = volume spesifik gas (m³/kg)

V/v = G = gas yang dikompresikan (kg/h)

$$\begin{aligned} N &= \frac{(435 - 403,114)}{860} \times (59,319) \\ &= 2,199 \text{ kW} \end{aligned}$$

5.2.3. Analisis Perhitungan kondensor

5.2.3.1. Jumlah Air pendingin

Pada proses pelepasan kalor di dalam kondensor akan sama dengan kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dan akan sama dengan energi untuk melakukan kerja kompresor. Oleh karena itu, satu sama lain saling berhubungan. Maka data daya dan juga kapasitas refrigerasi akan tetap diperlukan dalam perhitungan berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Kalor pengembunan} &= \text{Kapasitas refrigerasi (kW)} - \text{daya kompresor (kW)} \\
 &= 10,698 - 2,199 \text{ (kW)} \\
 &= 16,508 \text{ kW} \\
 &= 7308,035 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah air pendingin} &= \frac{\text{kalor pengembunan}}{1 \text{ kkal / liter} \cdot ^\circ \text{C} \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})} \\
 &= \frac{16,508}{38,2 - 29,4} \\
 &= 1.875,90 \text{ l/jam}
 \end{aligned}$$

5.2.3.2. Menentukan Dimensi peralatan

Data yang mendukung digunakan untuk menghitung luas bidang pendinginan yang diperlukan kondensor untuk memenuhi pengembunan yang dirancang:

$$\text{Luas bidang pengembunan} = \frac{\text{Kalor pengembunan}}{\text{Koefisien perpindahan panas x perbedaan rata-rata suhu antara refrigeran dengan fluida}}$$

Dihitung dulu harga koefisien perpindahan panas total (k)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{l_w}{\lambda_w} + \frac{1}{\lambda} + \frac{l_f}{\lambda_f} + \frac{1}{\lambda_w}}$$

Data yang diperoleh :

Temperatur refrigeran masuk 39°C

$$C_p = 0,147 \text{ J/kg.K}$$



$$\rho = 1.215,9 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,0105 \text{ W/m.K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,525 \text{ m}$$

$$\mu = 0,0000135 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= \left[\frac{0,023 \times 0,0105}{0,525} \times \left(\frac{2 \times 0,0105 \times 1.215,9}{0,0000135} \right)^{0,8} \times \left(\frac{0,147 \times 0,0000135}{0,525} \right)^{0,4} \right] \\ &= 8,226 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}\end{aligned}$$

sehingga :

$$1/\lambda_r = 0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

λ_w = koefisien konduktivitas termal lapisan dinding pada sisi air pendingin

Data yang ada :

$$C_p = 4,178 \text{ J/kg.K}$$

$$\rho = 995,64 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,6194 \text{ W/m.K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,0604 \text{ m}$$

$$\mu = 803 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \left[\frac{0,023 \times 0,6194}{0,060452} \times \left(\frac{2 \times 0,6194 \times 995,64}{803} \right)^{0,8} \times \left(\frac{0,178 \times 803}{0,060452} \right)^{0,4} \right] \\ &= 225,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}\end{aligned}$$

sehingga :

$$1/\lambda_w = 0,00397 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



Faktor pengotoran (λ_o) = $0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Diameter luar = $0,060452 \text{ m}$

Untuk baja mempunyai harga konduktivitas termal (k) = 54 W/m.K

Sehingga :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{(0,060452 - 0,0525)/2}{46,43}$$

$$= 8,563 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Tebal lapisan minyak diasumsikan $0,01 \text{ mm}$ dengan harga k lapisan minyak $0,12 \text{ kkal/m.h}^\circ\text{C}$

$$I_o/\lambda_o = 0,00001/0,12 = 8,38 \cdot 10^{-5}$$

$$I_f/\lambda_f = 0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Jadi nilai k :

$$k = \frac{1}{0,12 + 8,563 \cdot 10^{-3} + 8,33 \cdot 10^{-3} + 0,00002 + 0,0397}$$

$$= 6,2473 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Perbedaan temperatur rata-rata antara refrigeran dengan fluida dapat dicari dengan

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (\Delta_{t1} - \Delta_{t2})}{\log \frac{\Delta_{t1}}{\Delta_{t2}}}$$

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (40 - 29,4)}{\log \frac{40}{29,4}}$$

$$= 4,914 ^\circ\text{C}$$

Luas pendingin dari kondensor dirumuskan dengan :

$$Q = k \times A_o \times A_m$$



$$A_o = \frac{Q}{k \Delta_m} = \frac{10,698}{6,2473 \times 277,914}$$

$$= 6,162 \text{ m}^2$$

sehingga panjang dari pipa koil adalah:

$$L = \frac{A}{\pi \times OD} = \frac{10,698}{\pi \times 0,060452} = 56,358 \text{ m}$$

5.2.4. Analisis Perhitungan Evaporator

Analisa Perhitungan Luas Perpindahan Panas pada Evaporator

Data yang diperlukan :

Besar perpindahan panas yang akan discrap oleh uap refrigeran dari ruang fish hold yaitu sebesar 10,698 kW.

1. Direncanakan temperatur refrigeran masuk = 29,4°C
2. temperatur refrigeran keluar = 23,4°C
3. direncanakan ukuran pipa :
 - a. diameter dalam = 15,80 mm
 - b. diameter luar = 18,57 mm
 - c. diameter rata-rata pipa = 17,185 mm
4. besar koefisien perpindahan panas dengan rumus :

$$\frac{1}{\pi_0} = \frac{1}{h_o} + \frac{x \times A_o}{k \times A_m} + \frac{A_o}{h_f \times A_i} + \frac{A_o}{h_i \times A_i}$$

dimana:

$$A_o = \text{luas permukaan luar pipa (m}^2 \text{)}$$

$$= \pi \cdot 0,01857 \text{ m}^2 / \text{m} = 0,0583 \text{ m}^2 / \text{m}$$



$$A_i = \text{luas permukaan dalam pipa (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \cdot 0,0158 \text{ m}^2/\text{m} = 0,0496 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_m = \text{luas permukaan rata-rata sekeliling pipa (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \cdot 1,7185 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m} = 5,34 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$x = \text{tebal pipa} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$k = \text{daya hantar panas pipa (baja)} = 54 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$1/h_i = \text{faktor pengotoran} = 0,0000176 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$h_o = \text{koefisien perpindahan panas konveksi dari luar pipa}$$

$$= 3,2 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$= 18,17 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{K}$$

Untuk perhitungan harga koefisien perpindahan panas secara konveksi dalam pipa evaporator maka terlebih dahulu harus kita ketahui data-data sebagai berikut :

a. bilangan reynolds (Re) = $V \times D/v$

b. bilangan Prandtl (Pr) = $C_p \times \mu /k$

dimana :

$$v = \text{kecepatan aliran} = W \times V_{sp} / A$$

$$W = \text{laju aliran massa refrigeran} = 0,025 \text{ kg/s}$$

$$V_{sp} = \text{volume spesifik refrigeran}$$

$$h_{fg} = (1 - x) \cdot h_f + x \cdot h_g$$

$$x = h_{fg} - h_f / h_g - h_f$$

$$= 109,746 - 165,0604 / 392,69 - 165,0604$$

$$= 0,10845$$

$$V_{sp} = (1 - x) \cdot V_{spf} + x \cdot V_{spg}$$



$$= (1 - 0,10845) \cdot 0,722976 + 0,10845 \cdot 141,9552$$

$$= 16,04 \text{ l/kg} = 0,01604 \text{ m}^3/\text{kg}$$

A = luas diameter dalam pipa

$$= \pi / 4 \cdot (0,0158)^2 = 0,0001961 \text{ m}^2$$

sehingga kecepatan aliran di dalam evaporator adalah :

$$v = \frac{0,025 \times 0,0164}{1,96 \cdot 10^{-4}} = 0,33 \text{ m/s}$$

μ = viskositas refrigeran

$$= [(1-x) \cdot \mu_f + (x \cdot \mu_g)]$$

$$= [(1 - 0,10845) \cdot 0,000325 + (0,10845 \cdot 0,0000135)]$$

$$= 6,89 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

ρ = rapat masa refrigeran = $63,34 \text{ kg/m}^3$

ν = viskositas kineematis refrigeran = $4,652 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

C_p = spesifik heat refrigeran

$$= [(1-x) \cdot C_{pf} + (x \cdot C_{pg})]$$

$$= [(1 - 0,10845) \cdot 0,26 + (0,10845 \cdot 0,145)]$$

$$= 0,2475 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$= 1036,26 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$$

k = koduktivitas refrigeran

$$= [(1-x) \cdot k_f + (x \cdot k_g)]$$

$$= [(1 - 0,10845) \cdot 0,057 + (0,10845 \cdot 0,0048)]$$

$$= 0,051 \text{ Btu/hr.ft}^2$$



$$= 8,83 \cdot 10^{-2} \text{ W/m.K}$$

sehingga bilangan reynold (Re)

$$\text{Re} = \frac{1.292,19 \times 0,326 \times 0,0158}{7,31 \cdot 10^{-5}} = 91.050,78$$

maka bilangan Prandtl (Pr)

$$\text{Pr} = \frac{1036,26 \times 6,89 \cdot 10^{-5}}{0,0883} = 4,16 \cdot 10^{-4}$$

harga koefisien perpindahan panas konveksi dalam pipa (h_i)

$$\begin{aligned} h_i &= \frac{0,023 \times k / D}{\text{Re}^{0,8} \times \text{Pr}^{0,4}} \\ &= \frac{0,023 \times 0,0298 / 0,0158}{(91.050,78)^{0,8} \times (4,16 \cdot 10^{-4})^{0,4}} = 17,88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Koefisien perpindahan panas total evaporator :

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{x \times A_o}{k \times A_m} + \frac{A_o}{h_f \times A_i} + \frac{A_o}{h_i \times A_i}$$

$$\frac{1}{U_o} = 18,17 + \frac{0,00277 \times 0,0583}{54 \times 0,0534} + \frac{0,0583}{0,049 \times 0,0583} + \frac{0,0583}{17,88 \times 0,049} = 0,1229 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

jadi $U_o = 8,137 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Dari perhitungan di atas dapat dihitung luasan perpindahan panas dari evaporator

$$Q = U_o \cdot A \cdot \Delta t$$

$$A = Q / U_o \cdot \Delta t$$

$$= 10.698 / 8,137 = 6$$



$$= 219,12 \text{ m}$$

Panjang pipa koil yang dibutuhkan :

$$l_c = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{219,12}{\pi \times 18,57 \cdot 10^{-2}}$$
$$= 375,785 \text{ m}$$

5.3. Perhitungan Beban Pendinginan untuk Kapal Ikan 100 GT Long Line

5.3.1. Perhitungan Beban Pendingin

Beban pendinginan meliputi :

1. Beban Produk
2. Beban Infiltrasi
3. Beban Transmisi
4. Beban Internal

5.3.1.1. Beban Produk

Data ikan tuna yang di dapat :

- temperatur saat penangkapan = 30°C
- temperatur yang diharapkan = -1°C
- panas spesifik ikan tuna di atas titik freezing = $0,41 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$
- panas laten ikan tuna = $38,89 \text{ kkal/kg}$
- waktu pengesan = 16 jam
- berat seluruh ikan saat penangkapan = 40 ton



Besar kalor yang diserap es sampai suhu -1°C :

$$Q_i = m \cdot c \cdot \Delta t / \theta$$

Dimana :

m = berat produk (kg)

c = panas spesifik produk (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$)

Δt = selisih suhu awal ikan dengan suhu ikan yang direncanakan

θ = waktu untuk mendinginkan produk (jam)

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_i &= 40.10^3 \times 0,41 \times 31 / 16 \\ &= 31775 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Besar kalor untuk mempertahankan suhu tuna pada kondisi penyimpanannya :

$$Q_f = m \times L / \theta_p$$

Dimana :

m = berat produk

L = panas laten di atas titik freezing (Btu/lb)

θ_p = waktu untuk kembali ke dermaga (jam)

sehingga :

$$\begin{aligned} Q_f &= 40.10^3 \times 38,89 / 96 \\ &= 16204,166 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Total beban kalor produk :

$$\begin{aligned} Q_i + Q_f &= 47979,166 \text{ kkal/jam} \\ &= 55,79 \text{ kW/hari} \end{aligned}$$



5.3.1.2. Perhitungan Beban Infiltrasi

Penyebab beban infiltrasi adalah bukaan palkah (tutupnya) saat memasukkan tuna :

Kondisi dasar :

- volume fish hold 80 m^3 dengan kapasitas maksimum 40 ton
- temperatur udara luar 33°C
- dari survei diperoleh bahwa waktu bukaan untuk memasukkan ikan tuna dan menatanya = 30 menit untuk satu kali tangkapan
- untuk pergantian udara tiap jam, dengan volume 80 m^3 dan suhu 0°C tiap 24 jam maka diperoleh harga bukaan 9,46 kali (Dossat, Roy J, 1981) dengan faktor koreksi 50% dari harga awal.

Sehingga besarnya pergantian udara tiap jam dalam satu kali pelayaran :

= perubahan udara x volume ruangan

= 9,46 per 24 jam x 80 m^3

Sedangkan panas gain yang masuk tiap m^3 udara (dengan kondisi udara sebagai

berikut : suhu 95°F , suhu fish hold 32°F , kelembaban 60%) adalah $2,94 \text{ Btu/ft}^3$.

Sehingga beban infiltrasi di fish hold adalah :

$q = \text{volume ruangan} \times \text{jumlah pergantian udara tiap jam} \times \text{panas gain yang masuk tiap } \text{ft}^3 \text{ udara}$

= 9,46 per 24 jam x $2825,2 \text{ ft}^3$ x $2,94 \text{ Btu/ft}^3$

= 78575,593 Btu per 24 jam

= 825,043 kkal/jam



5.3.1.3. Perhitungan Beban Transmisi

Beban transmisi di ruang fish hold disebabkan oleh :

- Transmisi matahari, yang terjadi pada atap, dinding samping kiri dan kanan di atas LWL
- Transmisi air laut yang terjadi pada dinding samping kiri dan kanan di bawah LWL

a. Transmisi Matahari

1. Dinding samping kiri dan kanan

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Atas LWL (U_{dal})

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk dinding fish hold, perhatikan tabel berikut :

Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² .C)	Tahanan termal aliran panas (R)
Permukaan dalam	-	4.2E-04	2380.95
Plywood	1.2	1.15E-03	1043.48
Urethane	18	2.307E-04	78023.41
Plat baja	0,8	4.527E-01	1.77
Permukaan luar	-	4.2E-04	2380.95

Tabel 5.14 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk dinding atas Lwl

Sehingga dengan perhitungan seperti pada kapal 60 GT long line di atas diketahui besarnya tahanan termal total untuk dinding di atas LWL dengan besarnya luas penampang sebesar 378,626 cm²



adalah $R_{dal} = 73830,38 \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

Warna cat dinding kapal terang (light coloured surfaces) sehingga diperoleh harga koreksi sebagai berikut :

- dinding sebelah timur dan Barat = $2,22 \text{ }^\circ\text{C}$
- dinding sebelah Utara dan Selatan = $1,11 \text{ }^\circ\text{C}$

Digunakan harga berdasarkan referensi Wiranto Arismunandar (penyegaran Udara, 1986) bahwa beban puncak terjadi pada :

- Bagian Timur pada pukul 09.00 – 11.00
- Bagian selatan pada pukul 12.00 – 14.00
- Bagian Barat pada pukul 16.00 – 18.00.

Dengan mengambil asumsi bahwa beban puncak terjadi pada saat dinding menghadap ke arah Timur maka beban kalor yang terjadi adalah :

$$Q = U \times A [(t_2 - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2]$$

Dengan :

R = tahanan termal isolasi dinding kanan fish hold = $83.830 \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

A = luas total dinding = 40.292 cm^2

t_1 = temperatur ruangan = -1°C

t_2 = temperatur udara luar tanpa sun factor = $33 \text{ }^\circ\text{C}$

t_2' = temperatur udara luar + koreksi = $33 + 2,22 = 35,22 \text{ }^\circ\text{C}$

F_1 = faktor lama penyinaran matahari pada beban dengan posisi dinding Timur = 2°C

F_2 = faktor lama penyinaran matahari dengan sun factor = $24 - 2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$



Jadi beban kalornya :

$$Q = 1,19 \cdot 10^{-2} \times 40.292 \times [(36,22) \times 2 + (34) \times 22]$$
$$= 393,380 \text{ watt}$$

beban kalor harian :

$$q = Q/\text{hari}$$
$$= 393,380 \times 10^{-3} \times 12/30$$
$$= 0,157 \text{ kW /hari}$$

2. Atap palkah

Koefisien Perpindahan Panas untuk Atap (U_{at})

Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² C)	Tahanan termal aliran panas (R)
Permukaan dalam	-	5.18E-04	1.934.24
Plywood	1.2	1.15E-03	782.61
Urethane	18	2.307E-04	65019.51
Plat baja	0,8	4.527E-01	133
Oregon line	6.5	1.15E-03	5652.17
Permukaan luar	-	2.27E-03	440.53

Tabel 5.15 Perhitungan koefisien perpindahan panas untuk atap

Dengan luasan keseluruhan sebesar 378.626 cm² maka R_{at} adalah sebesar
73,830 cm² °C / W

$$Q = U \times A \times [(t_2' - t_1) \times F_1 + (t_2 - t_1) \times F_2]$$



$$\begin{aligned} &= 1,35 \cdot 10^{-2} \times 378.626 \times [(36,22) \times 6 + (34) \times 18] \\ &= 4,239 \text{ Kw} \end{aligned}$$

b. Beban Transmisi Panas Air Laut

1. Dinding Samping di Bawah LWL

Koefisien Perpindahan Panas untuk Dinding di Bawah LWL (U_{dbl})

Data air laut :

Temperatur air laut = 30 °C

Asumsi kecepatan air laut = 10 knots = 5,14 m/detik

$L_{pp} = 23,80 \text{ m}$

Massa jenis air laut (ρ) = 1,025 kg/m³

Viskositas dinamis = $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$

Konduktivitas termal (k) = $8,03 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$

Bilangan prandtl (Pr) = 5,412

Dari data diatas dihitung bilangan reynolds :

$$\begin{aligned} Re &= L \times V \times \rho / \nu \\ &= 23,80 \times 5,14 \times 1,025 / 8,03 \times 10^{-4} \\ &= 1,52 \cdot 10^8 \end{aligned}$$

Jenis alirannya turbulen

Untuk aliran turbulen berlaku persamaan Dittus – Boelter :

$$Nu = 0,02 \times Re^{0,8} \times Pr^0$$



dengan :

Nu = bilangan Nusselt = $h \times L / k$

h = koefisien perpindahan panas konveksi

L = panjang kapal

k = konduktivitas termal

N = koefisien nondimensional = 0,4 (untuk pemanasan) dan 0,3 (untuk pendinginan)

Diambil $n = 0,4$ karena terjadi aliran dari sisi luar ke sisi dalam fish hold yang lebih dingin, sehingga diperoleh :

$$Nu = 0,023 \times (1,52 \cdot 10^8) \times 5,412^{0,4} = 1,584 \times 10^5$$

$$h = Nu \times k / L$$

$$= 0,6914 \times 1,584 \times 10^5 / 23,80 = 0,4122 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya koefisien panas menyeluruh untuk alas fish hold, perhatikan tabel berikut :

Nama	Tebal (cm)	Konduktivitas (W/cm ² .°C)	Tahanan termal aliran panas (R)
Permukaan dalam	-	4.2E-04	2380.95
Plywood	1.2	1.15E-03	1043.48
Urethane	18	2.307E-04	78023.41
Plat baja	0,8	4.527E-01	1.77
Permukaan luar	-	4.12E-04	2.43

Tabel 5.16 Perhitungan koefisien perpindahan panas alas fish hold



Sehingga dengan luasan total sebesar 142.073 cm^2 sehingga $R_{dhl} = 81.452 \text{ cm}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{W}$

Sehingga beban panas yang terjadi :

$$\begin{aligned} q &= U \times A \times (t_2 - t_1) \times 24 \\ &= 1,227 \cdot 10^{-2} \times 142.073 \times (31) \times 24 \\ &= 1,296 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya beban transmisi adalah sebesar 5,692 kW/hari

5.3.1.4. Beban Internal

Beban internal pada ruangan fish hold dibedakan atas dua sumber :

- a). Sumber penerangan yang dihasilkan oleh lampu, peralatan yang dioperasikan di dalam ruangan, akan tetapi karena di dalam kapal ikan ini hanya lampu yang ada di dalam ruangan pendingin maka tidak membahas peralatan yang dioperasikan.
- b). Orang yang bekerja di dalam fish hold baik saat memasukkan ikan ke fish hold maupun orang yang mengatur letak ikan-ikan tersebut.

Secara terpisah dilakukan perhitungan terhadap kedua beban tersebut :

a). Akibat lampu

Terdapat 6 lampu pada ruangan dengan daya masing –masing 40 watt, dengan penyalaan 30 menit per hari, sehingga :

$$\begin{aligned} q &= \text{jumlah lampu} \times \text{panas ekuivalen tiap lampu} \times \text{lama kerja} \cdot 24 \\ &\quad \text{jam} \\ &= 6 \times 40 \times 3,41 \times 2/24 \end{aligned}$$



$$= 0,006978 \text{ kW/hari}$$

b) Akibat manusia

Dari survei diperoleh data bahwa ada tiga orang yang bekerja untuk menempatkan ikan-ikan agar proses pendinginan berlangsung sempurna.

$$q = \text{jumlah pekerja} \times \text{panas ukivalen pekerja} \times \text{lama kerja} / 24 \text{ jam}$$

$$= 3 \times 1400 \times 2/24$$

$$= 0.1023/\text{hari}$$

Sehingga besarnya beban internal adalah sebesar 0,109278 kW/hari

Rangkuman hasil akhir beban pendingan

Tabel beban pendingan pada fish hold

	KW/hari
Beban produk	55,79
Beban infiltrasi	0,9595
Beban transmisi	5,692
Beban internal	0,109278
Jumlah	62,55

5.3.2. Analisis Perhitungan Kompresor

5.3.2.1. Penentuan Jenis Refrigeran

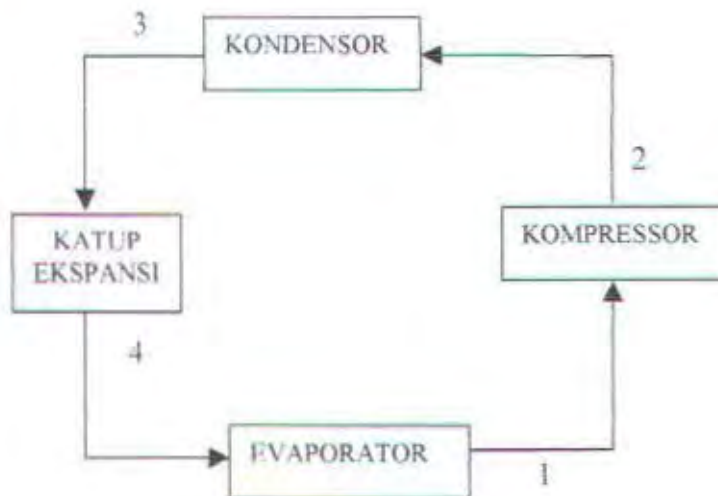
Jenis refrigeran yang dipilih adalah R-22. hal ini didasarkan bahwa refrigeran jenis ini lazim digunakan dalam unit-unit pada umumnya.

Adapun karakteristik R-22 sebagai berikut :

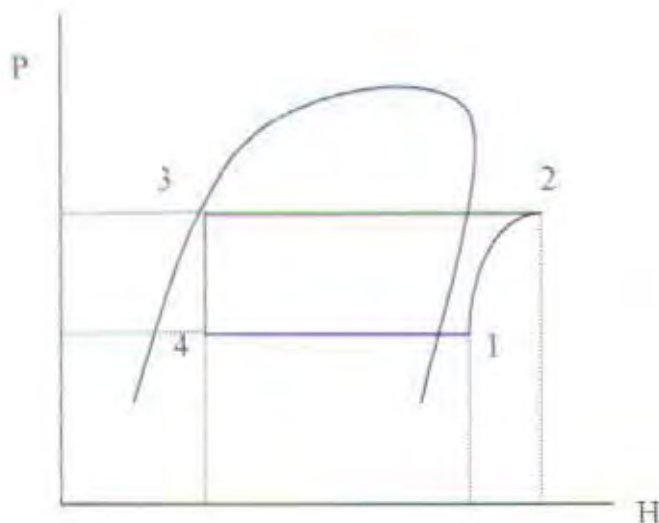


- a. rumus kimia = CHClF_2
- b. tekanan penguapan = $6 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- c. tekanan pengembunan = $17,71 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- d. temperatur kritis = 96°C
- e. tekanan kritis = $49,12 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- f. kalor spesifik cair = $0,355 \text{ kal/cm}^2.\text{abs}$
- g. kalor laten penguapan = $55,92 \text{ kal/g}$
- h. volume spesifik cair = $0,833 \text{ m}^3/\text{kg}$
- i. tidak beracun dan non flammable

5.3.2.2. Daur refrigeran



Gambar 5.9 Skema sistem refrigerasi kompresi vaporasi
untuk kapal 100 GT



Gambar 5.10 Siklus refrigerasi pada sistem refrigerasi kompresi vaporasi untuk kapal 100 GT

- 1 – 2 Kompresi adiabatik dan isentropis
- 2 – 3 Penurunan tekanan temperatur pada tekanan konstan dan reversibel sehingga terjadi pengembunan refrigeran
- 3 – 4 ekspansi non reversibel pada entalpi konstan dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator
- 4 – 1 Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, sehingga terjadi penguapan menuju uap jenuh.

Temperatur di evaporator direncanakan -6°C dan temperatur pengembunan 39°C , sehingga secara spesifik dari diagram tekanan entalpi refrigeran 22 dapat diperoleh data sebagai berikut :



- a. dengan temperatur penguapan -6°C diperoleh tekanan penguapan 407,23 kpa
- b. dengan temperatur pengembunan 39°C diperoleh tekanan pengembunan 1496,5 kpa.

5.3.2.3. Analisis Kondisi Refrigeran Pada Satu Siklus Pendinginan

- a. Uap refrigeran masuk ke dalam kompresor (4-1), temperatur uap refrigeran keluar dari evaporator dalam kondisi uap jenuh (i_1) adalah -6°C

- a. tekanan = 407,23 kPa
- b. temperatur = -6°C
- c. entalpi = 403,114 kJ/kg
- d. volume spesifik = $8,04103 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- e. entropi = 1,76082 kJ/kg . K

- b. Refrigeran keluar dari kompresor dan masuk ke kondensor (i_2)

- a. tekanan = 1496,5 kg/cm²
- b. entalpi = 435 kJ/kg
- c. volume spesifik = $2,4586 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$
- d. entropi = 1,76802 kJ/kg . K

- c. Refrigeran keluar kondensor dan masuk katup ekspansi (i_3)

- a. tekanan = 1496,5 kg/cm²
- b. entalpi = 248,361 kJ/kg

- d. Refrigeran keluar katup dan masuk evaporator (i_4)

- a. tekanan = 407,23 kg/cm²



b. entalpi = 248,361 kJ/kg

berdasarkan data tersebut, maka perhitungan data karakteristik siklus refrigerasinya adalah :

- a. efek refrigerasi (q_e) merupakan kalor yang diserap di dalam evaporator yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_e &= i_1 - i_4 \quad \text{dimana:} \quad i_1 = \text{entalpi refrigeran ke dalam kompressor} \\ &\quad i_4 = \text{entalpi refrigeran keluar katup ekspansi} \\ &= (403,114 - 248,361) \text{ kJ/kg} \\ &= 154,75 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- b. kalor ekivalen ($A/$) dari kerja kompresi 1 kg refrigeran

$$\begin{aligned} A/ &= i_2 - i_1 \quad \text{dimana } i_2 = \text{entalpi refrigeran keluar kompressor dan masuk} \\ &\quad \text{ke dalam kondensor} \\ &= (435 - 403,114) \\ &= 31,886 \text{ kJ.kg} \end{aligned}$$

- c. Kalor yang dilepaskan di dalam kondensor, dimana dari kesetimbangan energi kalor yang dilepaskan dalam kondensor harus sama dengan jumlah efek refrigerasi (q_e) dan kalor ekuivalen dari kerja yang diberikan kepada refrigeran selama langkah kompresi ($A/$) sehingga :

$$\begin{aligned} q_e &= i_1 - i_4 \quad \text{dan} \quad A/ = i_2 - i_1 \\ \text{maka} \\ q_e &= (i_1 - i_4) + (i_2 - i_1) \\ &= (i_2 - i_4) \end{aligned}$$



$$= (435 - 248,361) \text{ kJ/kg}$$

$$= 186,639 \text{ kJ/kg}$$

d. Jumlah refrigeran yang bersikulasi (G) adalah :

$$G = Q/q_e$$

Dimana : Q = kapasitas refrigerasi (kJ/h) = 62.550 kJ/h

q_e = efek refrigerasi yang merupakan pengurangan entalpi saat keluar evaporator dengan entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

sehingga :

$$G = 62.550 / 186,639$$

$$= 335,139 \text{ kg/h}$$

e. Koefisien Prestasi (COP)

COP = efek refrigerasi /kalor ekuivalen dari kerja yang diperlukan

$$= q_e / \Delta I$$

$$= 186,639 / 31,886$$

$$= 5,85$$

f. Volume uap yang bersirkulasi atau biasa disebut volume langkah torak :

$$V = G \times v_a$$

Dengan :

G = jumlah uap yang bersirkulasi (kg/s)

v_a = volume spesifik refrigeran saat uap refrigeran dihisap masuk oleh kompressor (titik 1)

sehingga :



$$\begin{aligned} V &= 335,139 \times 5,71820 \cdot 10^{-2} \\ &= 19,164 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

g. Daya yang diperlukan kompresor (N)

Dihitung dari diagram Mollier dengan data entalpi seksi masuk dan seksi keluar sehingga :

$$N = \frac{(i_2 - i_1)}{860} \times \left(\frac{V}{v} \right)$$

dimana :

N = daya yang diperluak kompresor (kW)

i = entalpi gas (kJ/kg)

V = volume yang dipindahkan kompresor (m³/s)

v = volume spesifik gas (m³/kg)

V/v = G = gas yang dikompresikan (kg/h)

$$\begin{aligned} N &= \frac{(435 - 403,114)}{860} \times (335,139) \\ &= 12,425 \text{ kW} \end{aligned}$$

5.3.3. Analisis Perhitungan kondensor

5.3.3.1. Jumlah Air pendingin

Pada proses pelepasan kalor di dalam kondensor akan sama dengan kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dan akan sama dengan energi untuk melakukan kerja kompresor. Oleh karena itu, satu sama lain saling berhubungan,



Maka data daya dan juga kapasitas refrigerasi akan tetap diperlukan dalam perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kalor pengembunan} &= \text{Kapasitas refrigerasi (kW)} - \text{daya kompresor (kW)} \\ &= 62,55 - 12,425 \text{ (kW)} \\ &= 50,125 \text{ kW} \\ &= 43100,98 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{jumlah air pendingin} &= \frac{\text{kalor pengembunan}}{1 \text{ kkal / liter } ^\circ\text{C} \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})} \\ &= \frac{43100,98}{38,2 - 29,4} \\ &= 4,897,83 \text{ l/jam}\end{aligned}$$

5.3.3.2. Menentukan Dimensi peralatan

Data yang mendukung digunakan untuk menghitung luas bidang pendinginan yang diperlukan kondensor untuk memenuhi pengembunan yang dirancang

$$\text{Luas bidang pengembunan} = \frac{\text{Kalor pengembunan}}{\text{Koefisien perpindahan panas x perbedaan rata-rata suhu antara refrigeran dengan fluida}}$$

Dihitung dulu harga koefisien perpindahan panas total (k)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{l_o}{\lambda_o} + \frac{1}{\lambda} + \frac{l_f}{\lambda_f} + \frac{1}{\lambda_w}}$$

Data yang diperoleh :

Temperatur refrigeran masuk 39°C



$$C_p = 0,147 \text{ J/kg.K}$$

$$\rho = 1.215,9 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,0105 \text{ W/m.K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,525 \text{ m}$$

$$\mu = 0,0000135 \text{ kg/m.s}$$

$$\lambda_r = \left[\frac{0,023 \times 0,0105}{0,0525} \times \left(\frac{2 \times 0,0105 \times 1.215,9}{0,0000135} \right)^{0,8} \times \left(\frac{0,147 \times 0,0000135}{0,0525} \right)^{0,4} \right]$$
$$= 8,226 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

sehingga :

$$1/\lambda_r = 0,12 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

λ_w = koefisien konduktivitas termal lapisan dinding pada sisi air pendingin

Data yang ada :

$$C_p = 4,178 \text{ J/kg.K}$$

$$\rho = 995,64 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,6194 \text{ W/m.K}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$D = 0,0604 \text{ m}$$

$$\mu = 803 \text{ kg/m.s}$$

$$\lambda_w = \left[\frac{0,023 \times 0,6194}{0,060452} \times \left(\frac{2 \times 0,6194 \times 995,64}{803} \right)^{0,8} \times \left(\frac{4,178 \times 803}{0,060452} \right)^{0,4} \right]$$
$$= 225,19 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



sehingga :

$$1/\lambda_{w} = 0,0397 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Faktor pengotoran (λ_o) = 0,0002 m² · K/W

Diameter luar = 0,060452 m

Untuk baja mempunyai harga konduktivitas termal (k) = 54 W/m.K

Sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_i} &= \frac{(0,060452 - 0,0525)/2}{46,43} \\ &= 8,563 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{aligned}$$

Tebal lapisan minyak diasumsikan 0,01 mm dengan harga k lapisan minyak 0,12 kkal/m.h°C

$$I_o/\lambda_o = 0,00001/0,12 = 8,38 \cdot 10^{-5}$$

$$I_f/\lambda_f = 0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Jadi nilai k :

$$\begin{aligned} k &= \frac{1}{0,12 + 8,563 \cdot 10^{-3} + 8,33 \cdot 10^{-3} + 0,00002 + 0,0397} \\ &= 6,2473 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Perbedaan temperatur rata-rata antara refrigeran dengan fluida dapat dicari dengan

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (\Delta_{t1} - \Delta_{t2})}{\log \frac{\Delta_{t1}}{\Delta_{t2}}}$$

$$\Delta_{tm} = \frac{0,43 \times (40 - 29,4)}{\log \frac{40}{29,4}}$$

$$= 4,914 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Luas pendingin dari kondensor dirumuskan dengan :

$$Q = k \times A_o \times \Delta_m$$

$$A_o = \frac{Q}{k \cdot \Delta_m} = \frac{62,550}{6,2473 \times 277,914} \\ = 36,026 \text{ m}^2$$

sehingga panjang dari pipa koil adalah:

$$L = \frac{A}{\pi \times OD} = \frac{36,026}{\pi \times 0,060452} = 189,791 \text{ m}$$

5.3.4. Analisis Perhitungan Evaporator

Analisa Perhitungan Luas Perpindahan Panas pada Evaporator

Data yang diperlukan :

Besar perpindahan panas yang akan diserap oleh uap refrigeran dari ruang fish hold yaitu sebesar 62,55 kW.

- Direncanakan temperatur refrigeran masuk = 29,4°C
- Temperatur refrigeran keluar = 23,4°C
- Direncanakan ukuran pipa :
 - diameter dalam = 15,80 mm
 - diameter luar = 18,57 mm
 - diameter rata-rata pipa = 17,185 mm
- besar koefisien perpindahan panas dengan rumus :



$$\frac{1}{\pi_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{x \times A_0}{k \times A_m} + \frac{A_0}{h_f \times A_i} + \frac{A_0}{h_i \times A_i}$$

dimana:

A_0 = luas permukaan luar pipa (m^2)

$$= \pi \cdot 0,01857 \text{ m}^2/\text{m} = 0,0583 \text{ m}^2/\text{m}$$

A_i = luas permukaan dalam pipa (m^2)

$$= \pi \cdot 0,0158 \text{ m}^2/\text{m} = 0,0496 \text{ m}^2/\text{m}$$

A_m = luas permukaan rata-rata sekeliling pipa (m^2)

$$= \pi \cdot 1,7185 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m} = 5,34 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m}$$

x = tebal pipa = $2,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

k = daya hantar panas pipa (baja) = $54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$1/h_f$ = faktor pengotoran = $0,0000176 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

h_0 = koefisien perpindahan panas konveksi dari luar pipa

$$= 3,2 \text{ Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$= 18,17 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

Untuk perhitungan harga koefisien perpindahan panas secara konveksi dalam pipa evaporator maka terlebih dahulu harus kita ketahui data-data sebagai berikut :

h. bilangan reynolds (Re) = $V \times D/v$

i. bilangan Prandtl (Pr) = $C_p \times \mu /k$

dimana :

v = kecepatan aliran = $W \times V_{sp}/A$

W = laju aliran massa refrigeran = $0,025 \text{ kg/s}$

V_{sp} = volume spesifik refrigeran



$$h_{fg} = (1 - x) \cdot h_f + x \cdot h_g$$

$$x = h_{fg} - h_f / h_g - h_f$$

$$= 109,746 - 165,0604 / 392,69 - 165,0604$$

$$= 0,10845$$

$$V_{sp} = (1 - x) \cdot V_{spf} + x \cdot V_{spg}$$

$$= (1 - 0,10845) \cdot 0,722976 + 0,10845 \cdot 141,9552$$

$$= 16,04 \text{ /kg} = 0,01604 \text{ m}^3/\text{kg}$$

A = luas diameter dalam pipa

$$= \pi / 4 \cdot (0,0158)^2 = 0,0001961 \text{ m}^2$$

sehingga kecepatan aliran di dalam evaporator adalah :

$$v = \frac{0,025 \times 0,0164}{1,96 \cdot 10^{-3}} = 0,33 \text{ m/s}$$

μ = viskositas refrigeran

$$= [(1 - x) \cdot \mu_f + (x \cdot \mu_g)]$$

$$= [(1 - 0,10845) \cdot 0,000325 + (0,10845 \cdot 0,0000135)]$$

$$= 6,89 \cdot 10^{-5} \text{ kg /m.s}$$

ρ = rapat masa refrigeran = $63,34 \text{ kg / m}^3$

ν = viskositas kineematis refrigeran = $4,652 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

C_p = spesifik heat refrigeran

$$= [(1 - x) \cdot C_{pf} + (x \cdot C_{pg})]$$

$$= [(1 - 0,10845) \cdot 0,26 + (0,10845 \cdot 0,145)]$$

$$= 0,2475 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$



$$= 1036,26 \text{ J/kg}^{\circ}\text{K}$$

k = konduktivitas refrigeran

$$= [(1-x) \cdot k_r + (x \cdot k_g)]$$

$$= [(1-0,10845) \cdot 0,057 + (0,10845 \cdot 0,0048)]$$

$$= 0,051 \text{ Btu/hr.ft}^2$$

$$= 8,83 \cdot 10^{-2} \text{ W/m.K}$$

sehingga bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{1,292,19 \times 0,326 \times 0,0158}{7,31 \cdot 10^{-5}} = 91.050,78$$

maka bilangan Prandtl (Pr)

$$Pr = \frac{1036,26 \times 6,89 \cdot 10^{-5}}{0,0883} = 4,16 \cdot 10^{-4}$$

harga koefisien perpindahan panas konveksi dalam pipa (h_i)

$$h_i = \frac{0,023 \times k / D}{Re^{0,8} \times Pr^{0,4}}$$

$$= \frac{0,023 \times 0,0298 / 0,0158}{(91.050,78)^{0,8} \times (4,16 \cdot 10^{-4})^{0,4}} = 17,88 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Koefisien perpindahan panas total evaporator :

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{x \times A_o}{k \times A_m} + \frac{A_o}{h_f \times A_i} + \frac{A_o}{h_i \times A_i}$$



$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{18,17} + \frac{0,00277 \times 0,0583}{54 \times 0,0534} + \frac{0,0583}{0,049 \times 0,0583} + \frac{0,0583}{17,88 \times 0,049} = 0,1229$$

$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$\text{jadi } U_o = 8,137 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dari perhitungan di atas dapat dihitung luasan perpindahan panas dari evaporator

$$Q = U_o \cdot A \cdot \Delta t$$

$$A = Q / U_o \cdot \Delta t$$

$$= 62550 / 8,137 \cdot 6$$

$$= 1281,2 \text{ m}$$

Panjang pipa koil yang dibutuhkan :

$$L = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{1281,2}{\pi \times 18,57 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 2197,201 \text{ m}$$



BAB VI

ANALISA EKONOMIS DALAM PERENCANAAN PEMILIHAN KAPAL

Beberapa aspek ekonomis yang menjadi bahan pertimbangan adalah:

- biaya produksi, yaitu perencanaan dan pembuatan
- daya mesin yang dibutuhkan, berkaitan dengan jumlah pemakaian bahan bakar
- kapasitas muat yang berkaitan dengan jumlah muatan yang diangkut
- peralatan bongkar muat, berkaitan dengan biaya bongkar muat di pelabuhan
- jumlah anak buah kapal, hal ini berkaitan dengan biaya operasi kapal
- daya tarik, berlaku yang untuk kapal penumpang, berkaitan dengan minat pemakai/pengguna jasa kapal

Untuk kapal ikan – kapal ikan yang dianalisa ini maka aspek ekonomis yang berhubungan adalah bobot mati kapal (DWT – Dead Weight Tonnage) dan berat kosong kapal (LWT = Light Weight Tonnage)

Yang termasuk DWT adalah :

1. berat bahan bakar
2. berat minyak pelumas



3. berat air tawar
4. berat bahan makanan
5. berat anak buah kapal beserta barang bawaannya
6. berat muatan yang dibayar (pay load), ini sangat menentukan besar penghasilan yang dapat diperoleh dari pengoperasian kapal. Sehingga, untuk memperoleh kapal yang ekonomis diperlukan pay load yang besar.

6.1. Nilai Uang

6.1. 1. Nilai Waktu Dari Uang

Nilai waktu dari uang adalah suatu hadiah pengembalian yang sering dinamakan bunga sebagai imbalan dari penundaan kepuasan kebutuhan atau kesenangan yang bisa kita dapatkan apabila uang tersebut kita investasikan. Bunga biasanya meruoakan prosentase dari jumlah uang yang diinvestasikan atau dipinjamkan setiap tahun.

Bunga dapat dibagi menjadi tiga macam :

1. bunga berdasarkan kontrak, yaitu bunga yang terdapat dalam kontrak sebagai kesepakatan bersama seperti bungan deposito berjangka, pinjaman bank dan tabungan.
2. bunga terselubung, yaitu bunga yang seharusnya ada tetapi tidak diperoleh karena modal atau dana yang ada hanya disimpan sendiri dan tidak diinvestasikan.
3. bunga investasi, yaitu bunga yang diberikan untuk mengurangi resiko sebagai akibat adanya investasi modal oleh suatu perusahaan.



6.1. 2. Nilai Saat Ini (Present Worth)

Nilai saat ini adalah pada waktu ini dari sejumlah uang di masa yang akan datang dengan memperhitungkan suku bunga dan lain-lain.

6.1. 3. Peranan Suku Bunga

Peranan suku bunga adalah memperkirakan jumlah uang pada suatu waktu tertentu untuk diekuivalenkan dengan sejumlah uang pada suatu waktu atau periode tertentu.

Suku bunga dapat diatur dengan cara sederhana atau dengan cara campuran. Dengan cara suku bunga sederhana, uang yang dipinjam akan dibayarkan pada akhir waktu dari hutang-hutang dan biasanya merupakan prosentase dari sejumlah uang permulaan. Dengan suku bunga campuran, selain memperhitungkan suku bunga tiap tahun juga memperhitungkan berapa kali uang sewa harus ditambahkan pada uang semula sehingga uang sewa akan bertambah secara derat hitung.

Dalam teknologi ekonomi, suku bunga yang digunakan adakah suku bunga campuran untuk tiap tahun.

6.1.4. Mata Uang Yang Dipergunakan

Pada saat kapal-kapal yang dipergunakan untuk analisa pada tugas akhir ini di buat kurs rupiah terhadap US dolar adalah Rp. 2.400,-. Pada saat tugas akhir ini mulai dikerjakan kurs rupiah terhadap US dolar adalah Rp. 7.900,- di akhir masa pengerjaan tugas akhir nilai tukar rupiah terhadap US dolar mencapai Rp. 9.500,-.



Maka agar perhitungan yang dibuat lebih akurat dan dapat dipergunakan untuk waktu yang lebih lama, dipergunakan mata uang yang nilai mata uangnya lebih stabil yaitu US dollar.

Penetapan nilai tukar rupiah dalam penentuan biaya-biaya ditetapkan pada posisi 1 US \$ = Rp. 8.000,- (kecuali pada investasi pembuatan kapal dan pembelian peralatan, dikonversikan dengan nilai tukar pada saat kapal dibuat)

6.2. Perhitungan Nilai Ekonomis untuk Kapal 60 DWT

6.2.1. Perhitungan Berat Muatan

Displacement terdiri dari dua komponen utama yaitu DWT (Death Weight Tonnage) dan LWT (Light Weight Tonnage).

DWT terdiri dari :

1. berat bahan bakar mesin induk
2. berat bahan bakar mesin bantu
3. berat minyak pelumas dan minyak silinder
4. berat air tawar
5. berat air pendingin mesin
6. berat bahan makanan
7. berat anak buah kapal beserta barang bawaannya
8. muatan bersih

Diketahui DWT kapal adalah : 60 gross tonnage

Perhitungan berat lainnya dihitung menurut perumusan Herald Poehls sebagai berikut :



1. Berat bahan bakar mesin induk

$$W_{fu} = P_{BME} \times b_{mc} \times \frac{S}{V_d} \cdot 10^{-6} \times (1,5)$$

dimana :

$$\begin{aligned} P_{BME} &= \text{daya mesin induk dalam kW} = (240 \text{ HP} \times 746 \text{ W}) \times 10^{-3} \\ &= 179,04 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$b_{mc} = \text{koefisien pemakaian bahan bakar dalam g/kWh} = 209 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{jarak pelayaran dalam mil laut} = 3.000 \text{ mil}$$

$$V_d = \text{kecepatan dinas dalam knot} = 9 \text{ knot}$$

$$10^{-6} = \text{faktor pengali dari gram ke ton}$$

$$1,5 = \text{faktor cadangan, diambil dari harga terbesar dari } 1,3 - 1,5$$

faktor cadangan ini diperlukan untuk sisi bahan bakar dalam tangki, keadaan laut, keadaan angin, waktu tunggu di pelabuhan.

$$\begin{aligned} W_{fu} &= 179,04 \times 209 \times \frac{3000}{9} \cdot 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 18,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Berat bahan bakar mesin bantu

Berat bahan bakar mesin bantu adalah 0,1 – 0,2 dari berat bahan bakar mesin induk, untuk kapal dengan pendinginan mekanis dibutuhkan daya untuk menggerakkan kompressor, pompa, dan sebagainya. Di asumsikan bahwa kebutuhan tersebut 200 % daripada kebutuhan bahan bakar mesin bantu di kondisi pendinginan es.

$$W_{fu}(es) = 0,2 \times W_{fu} (\text{ ton })$$



$$= 0,2 \times 18,7$$

$$= 3,74 \text{ ton}$$

$$W_{do} \text{ (mekanis)} = 2 \times 0,2 \times W_{fo} \text{ (ton)}$$

$$= 2 \times 0,2 \times 18,7$$

$$= 7,48 \text{ ton}$$

3. Berat minyak pelumas

Kebutuhan minyak pelumas untuk setiap pelayaran diambil 4% dari berat bahan bakar mesin induk dan mesin bantu, harga ini adalah maksimum dari ketentuan 2% - 4%.

$$\begin{aligned} W_{lo} \text{ (es)} &= 0,04 \times (W_{fi} + W_{di}) \\ &= 0,04 \times (18,7 + 3,74) \\ &= 0,8976 \text{ ton} \sim 0,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{lo} \text{ (mekanis)} &= 0,04 \times (W_{fo} + W_{do}) \\ &= 0,04 \times (18,7 + 7,48) \\ &= 1,05 \text{ ton} \end{aligned}$$

4. Berat air tawar

Untuk mandi, cuci, dan minum dibutuhkan

$$W_{fw} = Z_o \times (P_{dw} \times P_{ww}) \times 10^{-3}$$

Dimana :

$$Z_o = \text{jumlah anak buah kapal} = 11 \text{ orang}$$

$$P_{dw} = \text{pemakaian air minum} = 20 \text{ kg/orang/hari}$$



P_{ww} = pemakaian untuk mandi dan cuci = 200 kg/orang/hari

$$\begin{aligned} W_{fw} &= 11 \times (20 + 200) \times 10^{-3} \\ &= 2,42 \text{ ton} \end{aligned}$$

5. Berat air pendingin

Kebutuhan air pendingin mesin pendingin diambil 5 kg/HP, harga terbesar dari (2-5) kg/HP. Sehingga untuk mesin ini kebutuhan air pendingin adalah :

$$\begin{aligned} W_{ow} &= 5 \times 240 \times 10^{-3} \\ &= 1,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

6. Berat bahan makanan

$$W_p = Z_c \times \frac{S}{V_d \times 24} \times P_p \times 10^{-3}$$

dimana :

P_p = kebutuhan makan = 5 kg/orang /hari

$$\begin{aligned} W_p &= 11 \times \frac{3000}{9 \times 24} \times 5 \times 10^{-3} \\ &= 0,763 \text{ ton} \end{aligned}$$

7. Berat anak buah kapal beserta barang bawaannya

$$W_{a+1} = Z_a \times (P_a + P_1) \times 10^{-3}$$

Dimana :

P_a = berat anak buah kapal = 75 kg/orang

P_1 = berat barang bawaan = 60 kg/orang

Maka:



$$\begin{aligned}W_{cat} &= 11 \times (75 + 60) \times 10^{-4} \\&= 1,485 \text{ ton}\end{aligned}$$

6.2.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal

Waktu operasi kapal dibedakan atas tiga komponen yaitu :

- waktu berlayar (t_{berlayar}) adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayari jarak antara tempat pendaratan ikan ke fishing ground lalu kembali ke tempat pendaratan ikan dengan kecepatan dinas. Jarak yang ditempuh diasumsikan adalah 3.000 mil dengan kecepatan dinas kapal 9 knot, maka :

$$\begin{aligned}t_{\text{berlayar}} &= S/V_d \\&= 3.000 / 9 \\&= 333,33 \text{ jam}\end{aligned}$$

- waktu tunggu (t_{tunggu}) adalah waktu yang dibutuhkan sebelum kapal merapat ke dermaga untuk bongkar muat. Untuk kapal ikan ini diharapkan tidak mengalami waktu tunggu mengingat kualitas kesegaran ikan tangkapan yang harus secepatnya ditangani setelah penangkapan.
- Waktu bongkar muat adalah waktu yang dibutuhkan untuk membongkar ikan hasil tangkapan dari kapal. Diestimasikan diperlukan satu hari (24 jam) untuk melakukan bongkar muat.

6.2.3. Biaya Investasi

Yang dimaksud dengan biaya investasi adalah jumlah biaya yang dibutuhkan untuk membangun atau membeli sebuah kapal. Berdasarkan informasi



dari galangan pembuat kapal (PT. PAL Indonesia) harga sebuah kapal ikan tuna segar long liner 60 GT adalah US 652.000,-

Untuk pemasangan peralatan pendingin pada kapal diperlukan biaya tambahan sebesar US 65.200,- sehingga untuk kapal yang telah dimodifikasi harganya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{harga kapal} + \text{biaya pemasangan peralatan} \\ &= \text{US } 652.000 + \text{US } 65.200 \\ &= \text{US } 717.200,- \end{aligned}$$

6.2.4. Penghasilan Operasi

1. Jumlah Round Trip per Tahun

Waktu operasi kapal maksimum selama 1 tahun (Ship Design Economics, Ir. Setijo P, M.SE) adalah 340 – 345 hari. Maka jumlah pelayaran maksimum pergi pulang selama satu tahun (round trip per tahun) adalah :

$$\text{RTPA} = \frac{\text{Harioperasipertahun}}{\text{Harioperasiperroundtrip}} = \frac{340}{14} = 24,2$$

Akan tetapi untuk kapal ikan ini waktu pelayaran selama setahun 19 kali hari operasi per round trip (14 hari). Sehingga, jumlah waktu pelayaran selama setahun = $19 \times 14 = 226$ hari.



2. *Kapasitas Muat per Tahun*

Jumlah muat maksimum ikan yang bisa diangkut setiap sebesar = 8 ton, dimana kapasitas muat ini untuk kapal ikan dengan pendingin es masih ditambah muatan es seberat = 15 ton, sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas muat per tahun} &= \text{round trip per tahun} \times \text{jumlah muatan per trip} \\ &= 19 \times 8 \text{ ton} \\ &= 152 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. *Penghasilan Operasi per Tahun*

Harga ikan tuna dibagi menurut seleksi mutu dari ikan untuk kualitas sashimi di Jepang dihargai sampai dengan US \$ 100 /kg, diperkirakan harga di lokasi penangkapan ikan US \$ 25 /kg, dikarenakan waktu simpan ikan yang cukup lama, diperkirakan perolehan ikan dengan mutu sashimi adalah 5 % dari hasil tangkapan (di ekspor oleh pihak kedua). Sedangkan ikan yang lain 70 % di jual sebagai ikan tuna segar bermutu bagus yang dihargai di lokasi pendaratan US \$ 2,5 /kg (di ekspor oleh pihak kedua). 25 % sisanya dijual dengan mutu menengah seharga US \$ 1,25 /kg (dijual untuk pasaran lokal).

Menurut nelayan Sendang Biru, bila sedang musim tuna (mei-juni-juli-agustus-september) fish hold dapat selalu penuh, dengan waktu penangkapan ikan tidak terlalu lama (kurang dari 14 hari), namun agar perhitungan dapat lebih akurat (*negatif estimation*) , Diasumsikan kapal tetap menempuh 3000



mil laut, dan berlayar selama 14 hari dan fish hold dapat terisi ikan 75% dari kapasitas maksimum.

Jadi total tuna yang dapat ditangkap sekali trip :

$$= 75 \% \times 8.000 \text{ kg}$$

$$= 6000 \text{ kg}$$

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum

= Ikan tuna mutu sashimi + ikan tuna mutu baik + ikan tuna mutu menengah

$$= 6000 \text{ kg} \times 7 \% \times \text{US \$ } 25 + 6000 \text{ kg} \times 68 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 6000 \text{ kg} \times 25 \% \times \text{US \$ } 1,25$$

$$= \text{US \$ } 22.575 \text{ (penghasilan kotor per round trip)}$$

$$\text{Total harga untuk satu tahun} = 19 \times \text{US \$ } 22.575$$

$$= \text{US \$ } 428.925$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi, karena ada pengurangan muatan berupa es sebesar 15 ton maka diperkirakan berat ikan yang dapat ditangkap mengalami kenaikan sebesar 10 ton, sehingga diperlukan sejumlah umpan tambahan dan dengan mengubah sebagian ruang muat nomor 2 menjadi bait hold untuk tempat umpan serta menambah frekuensi pemancingan (setting).

Sehingga, total berat ikan yang bisa diangkut adalah $= 8 + 10 = 18 \text{ ton}$.

Jadi estimasi total tuna yang dapat ditangkap sekali trip :

$$= 75 \% \times 18.000 \text{ kg}$$

$$= 13.500 \text{ kg}$$

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum



$$\begin{aligned} &= \text{Ikan tuna mutu sashimi} + \text{ikan tuna mutu baik} + \text{ikan tuna mutu} \\ &\quad \text{menengah} \\ &= 13.500 \text{ kg} \times 5 \% \times \text{US \$ } 25 + 13.500 \text{ kg} \times 70 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 13.500 \\ &\quad \text{kg} \times 25 \% \times \text{US \$ } 1,25 \\ &= \text{US \$ } 44.718,75 \text{ (penghasilan kotor per round trip)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total harga untuk satu tahun} &= 19 \times \text{US \$ } 44.718,75 \\ &= \text{US \$ } 849.656 \end{aligned}$$

6.2.5. Biaya Operasi

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan pengoperasian kapal. Termasuk didalamnya adalah biaya ABK, biaya pemeliharaan dan reparasi, biaya bahanbakar dsb.

1. Biaya Anak Buah Kapal

Merupakan elemen biaya tetap yaitu biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan bekerjanya manusia dalam sebuah kapal. Biaya ini meliputi biaya makan dan gaji.

Untuk 11 anak buah kapal adalah :

- a. Biaya makan per orang per hari = US \$ 2,5
- | | | |
|-------------------------------|--------------------|----------------|
| Biaya makan selama satu hari | = 11 x US \$ 2,5 | = US \$ 27,5 |
| Biaya makan selama satu bulan | = 30 x US \$ 27,5 | = US \$ 825,- |
| Biaya makan selama satu tahun | = 12 x US \$ 825,- | = US \$ 9900,- |
- b. Gaji



Gaji tetap per bulan : (ditetapkan pada posisi US 1,- = Rp. 8000,-)

- kapten	: US 187,5
- Muallim	: US 125
- Kepala kamar mesin	: US 125
- ABK @ US 62,5 x 8	: US 500
Total	: US 937,5/bulan
	: US 11.250/tahun

Jumlah total biaya akomodasi anak buah kapal per tahun

$$\begin{aligned} &= (\text{biaya makan} + \text{gaji}) \\ &= (\text{US } 9900 + \text{US } 11250) \\ &= \text{US } 21150 \end{aligned}$$

2. Biaya Pemeliharaan dan Reparasi

Merupakan elemen biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan aspek-aspek keselamatan pelayaran pada umumnya dan keselamatan kapal pada khususnya. Hal ini berhubungan dengan dimensi laik laut yang dimiliki oleh sebuah kapal seperti konstruksi kapal, stabilitas kapal, lambung timbul, perlengkapan dan sebagainya.

Besar biaya ini dapat dihitung dengan rumus pendekatan dari Harry Benford (Ship Economics and Design).

Dibedakan atas biaya pemeliharaan dan reparasi tahun untuk :

a. $\text{Hull} = \text{US } \$ 10.000 (\text{CN}/1.000)^{2/3}$

dimana, $\text{Cn} = \text{cubic number} = L \times B \times D = 18,45 \text{ m} \times 5,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$



$$= 211,068 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{biaya satu tahun} &= \text{US \$ } 10.000 \times (\text{CN} / 1000)^{2/3} \\ &= \text{US \$ } 10.000 \times (211,068 / 1.000)^{2/3} \\ &= \text{US \$ } 3.5444,98 \sim \text{US \$ } 3.550 \\ &= \text{US \$ } 3.550\end{aligned}$$

b. **Permesinan** = $\text{US \$ } 4.800 (\text{SHP}_N / 1.000)^{2/3}$ dimana

SHP_N = shaft horse Power atau max power /1,1

$$\text{SHP}_N = 240 / 1,1 = 218,18$$

Biaya satu tahun

$$\begin{aligned}&= \text{US \$ } 4.800 \times (218,18 / 1.000)^{2/3} \\ &= \text{US \$ } 1.739,61 \sim \text{US \$ } 1.740 \\ &= \text{US \$ } 1.740\end{aligned}$$

3. Biaya Asuransi

Merupakan biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan pada perusahaan asuransi dan dibayarkan dalam bentuk premi asuransi. Resiko tersebut umumnya dapat dibedakan atas kerugian akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh kecelakaan, gangguan, cuaca, kebakaran dan tenggelam.

Besar biaya asuransi ini menurut Harry Benford dibedakan atas :

a. **Protection and indemnity Insurance**

$$\text{P \& I insurance} = \text{US \$ } 965 (\text{Nc})$$

Dimana Nc = jumlah anak buah kapal = 11 oarang

$$\text{Biaya tahunan P \& I insurance} = \text{US \$ } 965 \times (11)$$



$$= \text{US \$ } 10.615/\text{tahun}$$

b. **Hull and Machinery Insurance**

$$\text{H \& M Insurance} = \text{US \$ } 10.000 + 0,7\% P$$

$$\text{H \& M Insurance} = \text{US \$ } 10.000 + (0,007 \times 217.392)$$

$$= \text{US \$ } 11.522/\text{per tahun}$$

4. Biaya Bahan Bakar

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan selama pengoperasian kapal. Biaya ini tergantung pada ukuran dan tipe mesin penggerak serta dipengaruhi oleh lama waktu pelayaran (sailing days). Biaya ini juga meliputi kebutuhan pemakaian mesin bantu selama waktu tambat (port days) dan juga memenuhi kebutuhan penerangan, pompa, pendingin dan lain-lain.

Biaya bahan bakar diperoleh dari rumusan Herald Pohls (Lecture on Ship Design and Ship Theory):

a. **Bahan bakar mesin induk**

Kebutuhan bahan bakar mesin induk untuk tiap hasil perhitungan sebelumnya = 18,7 ton.per round trip, dan jumlah pelayaran = 19 round trip per tahun, maka :

$$\text{Kebutuhan selama satu tahun} = 19 \times 18,7 = 355,3 \text{ ton}$$

$$\text{Berat jenis minyak diesel DO} = 0,87 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ l/m}^3 \\ &= 1.149,42 \text{ l} \end{aligned}$$

$$\text{harga minyak diesel} = \text{US \$ } 0,075$$





$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= 1.149,42 / \times \text{US \$ } 0,075 \\ &= \text{US \$ } 86,2\end{aligned}$$

Biaya bahan bakar mesin induk selama 1 tahun adalah :

$$\begin{aligned}&= 353,3 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2 \\ &= \text{US \$ } 30.454,46\end{aligned}$$

b. Bahan Bakar Mesin Bantu

Untuk kapal herpendingin es

Kebutuhan bahan bakar mesin bantu untuk tiap round trip hasil perhitungan sebelumnya = 3,74 ton/round trip dan jumlah pelayaran = 19 round trip/tahun maka :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar dalam setahun} &= 3,74 \times 19 \\ &= 71,06 \text{ ton}\end{aligned}$$

berat jenis minyak diesel DO = $0,87 \text{ ton/m}^3$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ L/m}^3 \\ &= 1.149,42 / \end{aligned}$$

$$\text{harga minyak diesel} = \text{US \$ } 0,075$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= 1.149,42 / \times \text{US \$ } 0,075 \\ &= \text{US \$ } 86,2\end{aligned}$$

Biaya bahan bakar mesin bantu selama 1 tahun adalah :

$$\begin{aligned}&= 71,06 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2 \\ &= 6.125,372\end{aligned}$$



Jumlah total biaya bahan bakar mesin induk dan mesin bantu selama 1 tahun adalah : US \$ 36.579,8

Untuk kapal berpendingin mekanis

Kebutuhan bahan bakar mesin bantu untuk tiap round trip hasil perhitungan sebelumnya = 7,48 ton/round trip dan jumlah pelayaran = 19 round trip/tahun maka :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar dalam setahun} &= 7,48 \times 19 \\ &= 142,12 \text{ ton}\end{aligned}$$

berat jenis minyak diesel DO = $0,87 \text{ ton/m}^3$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ l/m}^3 \\ &= 1.149,42 \text{ l}\end{aligned}$$

harga minyak diesel = US \$ 0,075

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= 1.149,42 \text{ l} \times \text{US \$ } 0,075 \\ &= \text{US \$ } 86,2\end{aligned}$$

Biaya bahan bakar mesin bantu selama 1 tahun adalah :

$$\begin{aligned}&= 142,12 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2 \\ &= 12.250,7\end{aligned}$$

Jumlah total biaya bahan bakar mesin induk dan mesin bantu selama 1 tahun adalah : US \$ 42.705,16



5. Biaya Minyak Pelumas

Untuk kapal berpendingin es

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 0,9 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 0,9 \text{ ton} \times 2 + 0,9 \text{ ton} \times 5 \% \times 17 \\ &= 1,8 \text{ ton} + 0,765 \text{ ton} \\ &= 2,565 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{harga selama 1 tahun} &= \text{US \$ } 2032,6 \times 2,565 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 5.213,62\end{aligned}$$

Untuk kapal berpendingin mekanis

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 1,05 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.



$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 1,05 \text{ ton} \times 2 + 1,05 \text{ ton} \times 5 \% \times 17 \\ &= 2,1 \text{ ton} + 0,89 \text{ ton} \\ &= 2,99 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{harga selama 1 tahun :} \\ &= \text{US \$ } 2032,6 \times 2,99 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 6.077,5\end{aligned}$$

6. Biaya Air Tawar

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan air tawar untuk minum, masak dan mandi setiap round trip = 2,42 ton. Sedangkan air tawar untuk pendingin mesin per round trip = 1,2 ton. Sehingga total kebutuhan air tawar per round trip adalah (2,42 + 1,2) = 3,62 ton. Maka untuk 19 kali round trip selama setahun diperlukan = 19 x 3,62 = 68,78 ton.

$$\text{Harga 1 m}^3 \text{ air} = \text{US \$ } 0,5$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya air tawar selama satu tahun adalah :} \\ &= 68,78 \text{ ton} \times 1 \text{ m}^3/\text{ton} \times \text{US \$ } 0,5/\text{m}^3 \\ &= \text{US \$ } 34,39\end{aligned}$$



7. *Biaya Pengadaan Media Pendingin*

Untuk kapal dengan pendingin es, setiap kali pelayaran memerlukan 15 ton es. Sehingga, untuk satu tahun memerlukan es sebanyak $= 19 \times 15 \text{ ton} = 285 \text{ ton}$.

Harga total es selama satu tahun $= 285 \times \text{US \$ } 6,25 = \text{US \$ } 1.781,25$

Untuk kapal dengan sistem pendingin mekanis hampir tidak memerlukan tambahan biaya untuk memperbaharui refrigeran yang digunakan. Biaya pembelian refrigeran sudah termasuk dalam harga peralatan pendingin.

8. *Biaya Administrasi dan lain-lain*

Merupakan biaya yang harus disediakan untuk kegiatan administrasi, telepon dan telegraph, transportasi anak buah kapal, laundry dan biaya tak terduga lainnya.

Jumlah biaya ini menurut Harry Benford selama 1 tahun diperkirakan :

$$= \text{US \$ } 65.000 + C (\text{CN})$$

dimana $C = \text{US \$ } 2$ dan $\text{CN} = \text{cubic number} = 211,068 \text{ m}^3$

$$= 65.000 + 2 \times 211,068$$

$$= \text{US \$ } 65.423$$

9. *Biaya Umpan*

Umpan yang digunakan untuk menangkap tuna adalah ikan bandeng (untuk 10 kg bandeng berjumlah lebih kurang 75 ekor), dimana untuk setiap setting (pemancingan) dibutuhkan kurang lebih 1.000 ekor ikan. Untuk



memperoleh hasil tangkapan maksimal yaitu 8 ton ikan (berat rata-rata satu ekor tuna yang ditangkap 25 kg) maka setiap kali round trip dilakukan 11 setting (pemancingan). Dari data ini diperkirakan pada setiap setting akan diperoleh ikan sebanyak :

- hasil tiap setting $= 8.000 / 11$
 $= 727,27 \text{ kg}$
- jumlah yg termakan $= 727,27 / 25 \text{ kg/ekor}$
 $= 29 \text{ ekor}$

Ditentukan pada kondisi yang sempurna dimana tidak ada ikan yang lepas. Ikan bandeng adalah ikan yang kuat, artinya umpan yang tidak termakan masih dapat digunakan untuk satu kali setting pada operasi berikutnya. Dengan kondisi bahwa ikan yang rusak adalah 20 % dari yang tidak termakan maka :

- sisa $= 1.000 - 29$
 $= 971 \text{ ekor}$
- rusak $= 20\% \times 971$
 $= 194,2 \text{ ekor}$

maka ikan yang masih dapat dipakai ulang adalah $= 971 - 194,2$
 $= 776 \text{ ekor}$

Maka untuk hari berikutnya hanya diperlukan tambahan ikan baru sejumlah :

$$\begin{aligned}\text{Ikan baru} &= 1.000 - 776 = 224 \text{ ekor} \\ &= 224/75 \times 10 \text{ kg} \\ &= 30 \text{ kg}\end{aligned}$$



Berarti dalam dua kali setting rata-rata diperlukan:

$$= 1.000 + 225 = 1.225 \text{ ekor}$$

Satu kali round trip = $5 \times 1.225 + 1.000 = 7.125$ ekor

Atau = $7.125 / 75 \times 10 \text{ kg} = 950 \text{ kg}$

Berarti biaya untuk umpan satu kali round trip

$$= 950 \times \text{US \$ } 0,75$$

$$= \text{US \$ } 712,5$$

Jadi biaya untuk satu tahun adalah :

$$= \text{US \$ } 712,5 \times 19$$

$$= \text{US \$ } 13537,5$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi dengan asumsi berat ikan yang berhasil ditangkap mencapai 18 ton tiap kali round trip dimana tiap kali setting diperoleh ikan sebanyak 727,27 kg. Maka penambahan jumlah setting adalah :

$$= 18.000 \text{ kg} / 727,27 \text{ kg}$$

$$= 24,75 \approx 24$$

Jadi jumlah ikan bandeng sebagai umpan yang diperlukan untuk satu kali ikan round trip adalah :

$$= 12 \times 1.225 = 14.700 \text{ ekor}$$

atau

$$= 14.700 / 75 \times 10 \text{ kg} = 1.960 \text{ kg}$$

Berarti biaya umpan untuk satu kali round trip

$$= 1.960 \times \text{US \$ } 0,75$$



$$= \text{US \$ 1470}$$

Jadi biaya satu tahun adalah :

$$= 19 \times \text{US \$ 1470}$$

$$= \text{US \$ 27.930}$$

Dari hasil perhitungan biaya ekonomis di atas dapat dibuat rangkumannya untuk kapal berpendingin es dengan kapal berpendingin mekanis sebagai berikut :

	Kapal dengan pendingin es	Kapal pendingin mekanis
Biaya Investasi	\$652,000.00	\$717,200.00
Penghasilan kotor	\$428,925.00	\$849,656.25
Biaya Operasional, terdiri :		
⇒ biaya anak buah kapal	\$21,150.00	\$21,150.00
⇒ biaya pemeliharaan	\$1,740.00	\$1,740.00
⇒ biaya reparasi	\$3,550.00	\$3,550.00
⇒ biaya asuransi	\$22,137.00	\$22,137.00
⇒ biaya bahan bakar	\$36,579.80	\$42,705.16
⇒ biaya minyak pelumas	\$5,213.62	\$6,077.50
⇒ biaya air tawar	\$34.39	\$34.39
⇒ biaya pembelian es	\$1,781.25	
⇒ biaya administrasi	\$65,423.00	\$65,423.00
⇒ biaya umpan	\$13,537.50	\$27,930.00
total biaya operasional	\$171,146.56	\$190,747.05

6.3. Perhitungan Nilai Ekonomis untuk Kapal 30 DWT

6.3.1. Perhitungan Berat Muatan

Perhitungan berat lainnya dihitung menurut perumusan Herald Poehls sebagai berikut :



1. Berat bahan bakar mesin induk

$$W_{fo} = P_{RME} \times b_{mc} \times \frac{S}{V_d} \cdot 10^{-6} \times (1,5)$$

dimana :

P_{RME} = daya mesin induk dalam kW = (240 HP x 746 W) x 10^{-3}

$$= 179,04 \text{ kW}$$

b_{mc} = koefisien pemakaian bahan bakar dalam g/kWh = 209 g/kWh

S = jarak pelayaran dalam mil laut, bila waktu sekali trip paling lama yaitu 7 hari, dan selama 7 hari kapal selalu berjalan maka jarak paling jauh yang dapat ditempuh = $7 \times 24 \times 9 \text{ knot} = 1512 \text{ mil}$

V_d = kecepatan dinas dalam knot = 9 knot

10^{-6} = faktor pengali dari gram ke ton

1,5 = faktor cadangan, diambil dari harga terbesar dari 1,3 – 1,5

faktor cadangan ini diperlukan untuk isi bahan bakar dalam tangki, keadaan laut, keadaan angin, waktu tunggu di pelabuhan,

$$W_{fo} = 179,04 \times 209 \times \frac{1512}{9} \cdot 10^{-6} \times (1,5)$$

$$= 9,43 \text{ ton}$$

2. Berat bahan bakar mesin bantu

Berat bahan bakar mesin bantu adalah 0,1 – 0,2 dari berat bahan bakar mesin induk :

$$W_{do} = 0,15 \times W_{fo} \text{ (ton)}$$

$$= 0,15 \times 9,43$$

$$= 1,4 \text{ ton}$$



Bila menggunakan refrigerasi mekanis, diasumsikan bahwa berat mesin bantu bertambah 100 %, sehingga

$$\begin{aligned}W_{do} &= 0,15 \times W_{fo} \text{ (ton) } \times 200 \% \\&= 0,15 \times 9,43 \times 2 \\&= 2,8 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Berat minyak pelumas

Kebutuhan minyak pelumas untuk setiap pelayaran diambil 4% dari berat bahan bakar mesin induk dan mesin bantu, harga ini adalah maksimum dari ketentuan 2% - 4%.

$$\begin{aligned}W_{lo} \text{ (es)} &= 0,04 \times (W_{fo} + W_{do}) \\&= 0,04 \times (9,43 + 1,4) \\&= 0,4332 \text{ ton} \sim 0,44 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{lo} \text{ (mek)} &= 0,04 \times (W_{fo} + W_{do}) \\&= 0,04 \times (9,43 + 2,8) \\&= 0,489 \text{ ton} \sim 0,5 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Berat air tawar

Untuk mandi, cuci, dan minum dibutuhkan

$$W_{fw} = Z_o \times (P_{dw} \times P_{ww}) \times 10^{-3}$$

Dimana :

Z_o - jumlah anak buah kapal = 6 orang



$$P_{dw} = \text{pemakaian air minum} = 20 \text{ kg/orang/hari}$$

$$P_{ww} = \text{pemakaian untuk mandi dan cuci} = 200 \text{ kg/orang/hari}$$

$$\begin{aligned} W_{wa} &= 6 \times (20 + 200) \times 10^{-3} \\ &= 1,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

5. Berat air pendingin

Kebutuhan air pendingin mesin pendingin diambil 5 kg/HP, harga terbesar dari (2-5) kg/HP. Sehingga untuk mesin ini kebutuhan air pendingin adalah :

$$\begin{aligned} W_{ew} &= 5 \times 240 \times 10^{-3} \\ &= 1,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

6. Berat bahan makanan

$$W_P = Z_c \times \frac{S}{V_d \times 24} \times P_P \times 10^{-3}$$

dimana :

$$P_P = \text{kebutuhan makan} = 5 \text{ kg/orang /hari}$$

$$\begin{aligned} W_P &= 6 \times \frac{1512}{9 \times 24} \times 5 \times 10^{-3} \\ &= 0,21 \text{ ton} \end{aligned}$$

7. Berat anak buah kapal beserta barang bawaannya

$$W_{o+1} = Z_c \times (P_c + P_1) \times 10^{-3}$$

Dimana :



P_2 = berat anak buah kapal = 75 kg/orang

P_1 = berat barang bawaan = 60 kg/orang

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 6 \times (75 + 60) \times 10^{-3} \\ &= 0,81 \text{ ton} \end{aligned}$$

6.3.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal

Waktu operasi kapal dibedakan atas tiga komponen yaitu :

- waktu berlayar (t_{sea}) adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayari jarak antara tempat pendaratan ikan ke fishing ground lalu kembali ke tempat pendaratan ikan dengan kecepatan dinas. Ditetapkan bahwa waktu berlayar adalah 7 hari.
- waktu tunggu (t_{waiting}) adalah waktu yang dibutuhkan sebelum kapal merapat ke dermaga untuk bongkar muat. Untuk kapal ikan ini diharapkan tidak mengalami waktu tunggu mengingat kualitas kesegaran ikan tangkapan yang harus secepatnya ditangani setelah penangkapan.
- Waktu bongkar muat adalah waktu yang dibutuhkan untuk membongkar ikan hasil tangkapan dari kapal. Diestimasi diperlukan satu hari (24 jam) untuk melakukan bongkar muat.

6.3.3. Biaya Investasi

Yang dimaksud dengan biaya investasi adalah jumlah biaya yang dibutuhkan untuk membangun atau membeli sebuah kapal. Berdasarkan informasi



dari galangan pembuat kapal (PT, Duta Marina Shipyard) harga sebuah kapal ikan tuna long liner 30 GT adalah US 210.000,-

Untuk pemasangan peralatan pendingin pada kapal diperlukan biaya tambahan sebesar US 21.000,- sehingga untuk kapal yang telah dimodifikasi harganya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{harga kapal} + \text{biaya pemasangan peralatan} \\ &= \text{US } 210.000 + \text{US } 21.000 \\ &= \text{US } 231.000,- \end{aligned}$$

6.3.4. Penghasilan Operasi

1. Jumlah Round Trip per Tahun

Waktu operasi kapal maksimum selama 1 tahun [Ship Design Economics, Ir. Setijo P, M.Sc] adalah 340 – 345 hari. Maka jumlah pelayaran maksimum pergi pulang selama satu tahun (round trip per tahun) adalah :

$$\text{RTPA} = \frac{\text{Harioperasipertahun}}{\text{Harioperasiperroundtrip}} = \frac{340}{7} = 48$$

Akan tetapi untuk kapal ikan ini waktu pelayaran selama setahun direncanakan sebanyak 30 kali hari operasi per round trip (7 hari). Sehingga, jumlah waktu pelayaran selama setahun = $30 \times 7 = 210$ hari.

2. Kapasitas Muat per Tahun

Jumlah muat maksimum ikan yang bisa diangkut setiap trip sebesar = 4,5 ton, dimana kapasitas muat ini untuk kapal ikan dengan pendingin es masih ditambah muatan es seberat = 4,5 ton, sehingga :



$$\begin{aligned}\text{Kapasitas muat per tahun} &= \text{round trip per tahun} \times \text{jumlah muatan per trip} \\ &= 30 \times 4,5 \text{ ton} \\ &= 135 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Penghasilan Operasi per Tahun

Harga ikan tuna dibagi menurut seleksi mutu dari ikan untuk kualitas sashimi di Jepang dihargai sampai dengan US \$ 100 /kg, diperkirakan harga di lokasi penangkapan ikan US \$ 25 /kg, dikarenakan waktu simpan ikan yang cukup lama, diperkirakan perolehan ikan dengan mutu sashimi adalah 7 % dari hasil tangkapan (di ekspor oleh pihak kedua). Sedangkan ikan yang lain 55 % di jual sebagai ikan tuna segar bermutu bagus yang dihargai di lokasi pendaratan US \$ 2,5 /kg (di ekspor oleh pihak kedua). 38 % sisanya dijual dengan mutu menengah seharga US \$ 1,25 /kg (dijual untuk pasaran lokal).

Menurut nelayan Sendang Biru, bila sedang musim tuna (mei-juni-juli-agustus-september) fish hold dapat selalu penuh, bila tidak musim maka hasil tangkapan akan menurun drastis, maka perhitungan dapat lebih akurat (*negatif estimation*) fish hold dapat terisi ikan 70 % dari kapasitas maksimum.

Jadi total tuna yang dapat ditangkap sekali trip :

$$\begin{aligned}&= 70 \% \times 4.500 \text{ kg} \\ &= 3150 \text{ kg}\end{aligned}$$

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum

$$= \text{Ikan tuna mutu sashimi} + \text{ikan tuna mutu baik} + \text{ikan tuna mutu menengah}$$



$$= 3150 \text{ kg} \times 7 \% \times \text{US \$ } 25 + 3150 \text{ kg} \times 55 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 3150 \text{ kg} \times 38 \% \times \text{US \$ } 1,25$$

$$= \text{US \$ } 11.340 \text{ (penghasilan kotor per round trip)}$$

$$\text{Total harga untuk satu tahun} = 30 \times \text{US \$ } 11.340$$

$$= \text{US \$ } 340.200 \text{ (penghasilan kotor per tahun)}$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi, karena ada pengurangan muatan berupa es sebesar 4,5 ton. Namun karena menggunakan sistem refrigerated sea water maka harus disediakan ruangan untuk sea water sehingga pada kapasitas maksimumpun masih mempunyai perbandingan air laut dengan ikan yaitu 1 : 4, maka akan terdapat penambahan ikan yang dapat ditangkap sebanyak 2,25 ton.

Sehingga, total berat ikan yang bisa diangkut adalah $= 4,5 + 2,25 = 6,75$ ton.

Jadi estimasi total tuna yang dapat ditangkap sekali trip :

$$= 70 \% \times 6,75 \text{ kg}$$

$$= 4.725 \text{ kg}$$

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum

$$= \text{Ikan tuna mutu sashimi} + \text{ikan tuna mutu baik} + \text{ikan tuna mutu menengah}$$

$$= 4725 \text{ kg} \times 7 \% \times \text{US \$ } 25 + 4725 \text{ kg} \times 55 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 4725 \text{ kg} \times 38 \% \times \text{US \$ } 1,25$$

$$= \text{US \$ } 17.010 \text{ (penghasilan kotor per round trip)}$$

$$\text{Total harga untuk satu tahun} = 30 \times 17.010$$

$$= \text{US \$ } 510.300 \text{ (penghasilan kotor per tahun)}$$



6.2.5. Biaya Operasi

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan pengoperasian kapal. Termasuk didalamnya adalah biaya ABK, biaya pemeliharaan dan reparasi, biaya bahan bakar dsb.

1. Biaya Anak Buah Kapal

Merupakan elemen biaya tetap yaitu biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan bekerjanya manusia dalam sebuah kapal. Biaya ini meliputi biaya makan dan gaji.

Untuk 6 anak buah kapal adalah :

- a. Biaya makan per orang per hari = US 2,5
- Biaya makan selama satu hari = $6 \times \text{US } 2,5$ = US 15
- Biaya makan selama satu bulan = $30 \times \text{US } 15$ = US 450,-
- Biaya makan selama satu tahun = $12 \times \text{US } 450,-$ = US 5400,-
- b. Gaji
- Gaji tetap per bulan : (ditetapkan pada posisi US 1,- = Rp. 8000,-)
- kapten : US 187,5
- Mualim : US 125
- Kepala kamar mesin : US 125
- ABK @ US 62,5 x 3 : US 187,5
- Total : US 625/bulan
- : US 7.500/tahun

Jumlah total biaya akomodasi anak buah kapal per tahun



$$\begin{aligned} &= (\text{biaya makan} + \text{gaji}) \\ &= (\text{US } 5400 + \text{US } 7500) \\ &= \text{US } 12.900 \end{aligned}$$

2. Biaya Pemeliharaan dan Reparasi

Merupakan elemen biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan aspek-aspek keselamatan pelayaran pada umumnya dan keselamatan kapal pada khususnya. Hal ini berhubungan dengan dimensi laik laut yang dimiliki oleh sebuah kapal seperti konstruksi kapal, stabilitas kapal, lambung timbul, perlengkapan dan sebagainya.

Besar biaya ini dapat dihitung dengan rumus pendekatan dari Harry Benford (Ship Economics and Design).

Dibedakan atas biaya pemeliharaan dan reparasi tahun untuk :

a. $\text{Hull} = \text{US } \$ 10.000 (\text{CN} / 1.000)^{2/3}$

dimana, $\text{Cn} = \text{cubic number} = L \times B \times D = 20,80 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 1,52 \text{ m}$
 $= 139.1104 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{biaya satu tahun} &= \text{US } \$ 10.000 \times (\text{CN} / 1000)^{2/3} \\ &= \text{US } \$ 10.000 \times (139,1104 / 1.000)^{2/3} \\ &= \text{US } \$ 2689 \end{aligned}$$

b. $\text{Permesinan} = \text{US } \$ 4.800 (\text{SHP}_N / 1.000)^{2/3}$ dimana

$$\text{SHP}_N = \text{shaft horse Power atau max power} / 1,1$$

$$\text{SHP}_N = 240 / 1,1 = 218,18$$

Biaya satu tahun



$$\begin{aligned} &= \text{US \$ } 4.800 \times (218,18 / 1.000)^{2/3} \\ &= \text{US \$ } 1.739,61 \sim \text{US \$ } 1.740 \\ &= \text{US \$ } 1.740 \end{aligned}$$

3. Biaya Asuransi

Merupakan biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan pada perusahaan asuransi dan dibayarkan dalam bentuk premi asuransi. Resiko tersebut umumnya dapat dibedakan atas kerugian akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh kecelakaan, gangguan, cuaca, kebakaran dan tenggelam.

Besar biaya asuransi ini menurut Harry Benford dibedakan atas :

a. Protection and indemnity Insurance

$$P \& I \text{ insurance} = \text{US \$ } 965 (N_c)$$

Dimana N_c = jumlah anak buah kapal = 6 orang

$$\text{Biaya tahunan } P \& I \text{ insurance} = \text{US \$ } 965 \times (6)$$

$$= \text{US \$ } 5790/\text{tahun}$$

b. Hull and Machinery Insurance

$$H \& M \text{ Insurance} = \text{US \$ } 10.000 + 0,7\% P$$

Dimana P = biaya investasi = US \$ 210.000

$$H \& M \text{ Insurance} = \text{US \$ } 10.000 + (0,007 \times 210.000)$$

$$= \text{US \$ } 11.470/\text{per tahun}$$



4. Biaya Bahan Bakar

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan selama pengoperasian kapal. Biaya ini tergantung pada ukuran dan tipe mesin penggerak serta dipengaruhi oleh lama waktu pelayaran (sailing days). Biaya ini juga meliputi kebutuhan pemakian mesin bantu selama waktu tambat (port days) dan juga memenuhi kebutuhan penerangan, pompa, pendingin dan lain-lain.

Biaya bahan bakar diperoleh dari rumusan Herald Pohls (Lecture on Ship Design and Ship Theory):

a. Bahan bakar mesin induk

Kebutuhan bahan bakar mesin induk untuk tiap hasil perhitungan sebelumnya = 9,43 ton per round trip, dan jumlah pelayaran = 30 round trip per tahun, maka :

Kebutuhan selama satu tahun = $9,43 \times 30 = 282,9$ ton

Berat jenis minyak diesel DO = $0,87 \text{ ton/m}^3$

Volume 1 ton $= (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ l/m}^3$
 $= 1.149,42 \text{ l}$

harga minyak diesel = US \$ 0,075

harga 1 ton $= 1.149,42 \text{ l} \times \text{US \$ } 0,075$
 $= \text{US \$ } 86,2$

Biaya bahan bakar mesin induk selama 1 tahun adalah :

$= 282,9 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2$
 $= \text{US \$ } 24.385$



b. Bahan Bakar Mesin Bantu

Kebutuhan bahan bakar mesin bantu untuk tiap round trip hasil perhitungan sebelumnya = 1,4 ton/round trip (es), 2,8 ton/round trip dan jumlah pelayaran = 30 round trip/tahun maka :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar dalam setahun (es)} &= 1,4 \times 30 \\ &= 42 \text{ ton} \\ \text{Kebutuhan bahan bakar dalam setahun (mek)} &= 2,8 \times 30 \\ &= 84 \text{ ton}\end{aligned}$$

berat jenis minyak diesel DO = $0,87 \text{ ton/m}^3$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ l/m}^3 \\ &= 1.149,42 \text{ l}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak diesel} = \text{US \$ } 0,075$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= 1.149,42 \text{ l} \times \text{US \$ } 0,075 \\ &= \text{US \$ } 86,2\end{aligned}$$

Biaya bahan bakar mesin bantu selama 1 tahun (es) adalah :

$$\begin{aligned}&= 42 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2 \\ &= \text{US \$ } 3.620,4\end{aligned}$$

Biaya bahan bakar mesin bantu selama 1 tahun (mekanis) adalah :

$$\begin{aligned}&= 84 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2 \\ &= \text{US \$ } 7.240,8\end{aligned}$$

Jumlah total biaya bahan bakar mesin induk dan mesin bantu selama 1 tahun adalah :

$$\text{- Es} = \text{US \$ } 24.385 + \text{US \$ } 3.620,4 = \text{US \$ } 28.005,4$$



$$\text{- Mekanis} = \text{US \$ } 24.385 + \text{US \$ } 7.240,8 = \text{US \$ } 31.625,8$$

5. Biaya Minyak Pelumas

Untuk kapal berpendingin es

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 0,44 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 0,44 \text{ ton} \times 2 + 0,44 \text{ ton} \times 5 \% \times 28 \\ &= 1,5 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

harga selama 1 tahun :

$$\begin{aligned}&= \text{US \$ } 2032,6 \times 1,5 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 3048,9\end{aligned}$$



Untuk kapal berpendingin mekanis

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 0,5 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 0,5 \text{ ton} \times 2 + 0,5 \text{ ton} \times 5 \% \times 28 \\ &= 1,7 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

harga selama 1 tahun :

$$\begin{aligned}&= \text{US \$ } 2032,6 \times 1,7 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 3455,42\end{aligned}$$

6. Biaya Air Tawar

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan air tawar untuk minum, masak dan mandi setiap round trip = 1,32 ton. Sedangkan air tawar untuk pendingin mesin per round trip = 1,2 ton. Sehingga total kebutuhan air tawar per round trip adalah $(1,32 + 1,2) = 2,52$ ton. Maka untuk 30 kali round trip selama setahun diperlukan = 75,6 ton.



Harga 1 m³ air = US \$ 0,5

Biaya air tawar selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned} &= 75,6 \text{ ton} \times 1 \text{ m}^3/\text{ton} \times \text{US \$ } 0,5/\text{m}^3 \\ &= \text{US \$ } 37,8 \end{aligned}$$

7. *Biaya Pengadaan Media Pendingin*

Untuk kapal dengan pendingin es, setiap kali pelayaran memerlukan 4,5 ton es. Sehingga, untuk satu tahun memerlukan es sebanyak = $30 \times 4,5 \text{ ton}$
= 135 ton.

Karena diinginkan untuk mendapatkan ikan tuan yang berkualitas sashimi, bahan baku yang dipergunakan untuk es adalah air laut yang sudah di disinfektan. Es ini akan mempunyai titik beku yang lebih rendah dari es biasa yaitu sampai dengan -1 °C. Harga 1 ton es = US \$ 12,5

Harga total es selama satu tahun = $135 \times \text{US \$ } 12,5 = \text{US \$ } 1.687,5$

Untuk kapal dengan sistem pendingin mekanis hampir tidak memerlukan tambahan biaya untuk memperbaharui refrigeran yang digunakan. Biaya pembelian refrigeran sudah termasuk dalam harga peralatan pendingin.

8. *Biaya Administrasi dan lain-lain*

Merupakan biaya yang harus disediakan untuk kegiatan administrasi, telepon dan telegraph, transportasi anak buah kapal, laundry dan biaya tak terduga lainnya.



Jumlah biaya ini menurut Harry Benford selama 1 tahun diperkirakan :

$$= \text{US \$ } 65,000 + C (\text{CN})$$

$$\text{dimana } C = \text{US \$ } 2 \text{ dan } \text{CN} = \text{cubic number} = 139,1104 \text{ m}^3$$

$$= 65,000 + 2 \times 139,1104$$

$$= \text{US \$ } 65,278$$

9. Biaya Umpan

Umpan yang digunakan untuk menangkap tuna adalah ikan bandeng (untuk 10 kg bandeng berjumlah lebih kurang 75 ekor), dimana untuk setiap setting (pemancingan) dibutuhkan kurang lebih 1000 ekor ikan. Untuk memperoleh hasil tangkapan maksimal yaitu 4.5 ton ikan (berat rata-rata satu ekor tuna yang ditangkap 25 kg) maka setiap kali round trip dilakukan 7 setting (pemancingan). Dari data ini diperkirakan pada setiap setting akan diperoleh ikan sebanyak :

- hasil tiap setting $= 4500 / 7$
 $= 643 \text{ kg}$
- jumlah yg termakan $= 643 / 25 \text{ kg/ekor}$
 $= 26 \text{ ekor}$

Ditentukan pada kondisi yang sempurna dimana tidak ada ikan yang lepas. Ikan bandeng adalah ikan yang kuat, artinya umpan yang tidak termakan masih dapat digunakan untuk satu kali setting pada operasi berikutnya. Dengan kondisi bahwa ikan yang rusak adalah 20 % dari yang tidak termakan maka



$$\text{- sisa} = 1.000 - 26$$

$$= 974 \text{ ekor}$$

$$\text{- rusak} = 20\% \times 974$$

$$= 195 \text{ ekor}$$

$$\text{maka ikan yang masih dapat dipakai ulang adalah} = 974 - 195$$

$$= 779 \text{ ekor}$$

Maka untuk hari berikutnya hanya diperlukan tambahan ikan baru sejumlah :

$$\text{Ikan baru} = 1.000 - 779 = 221 \text{ ekor}$$

Berarti dalam dua kali setting rata-rata diperlukan:

$$= 1.000 + 221 = 1.221 \text{ ekor}$$

$$\text{Satu kali round trip} = 3 \times 1.220 + 1.000 = 4660 \text{ ekor}$$

$$\text{Atau} = 4660 / 75 \times 10 \text{ kg} = 621,3 \text{ kg}$$

Berarti biaya untuk umpan satu kali round trip

$$= 621,3 \times \text{US \$ } 0,75$$

$$= \text{US \$ } 466$$

Jadi biaya untuk satu tahun adalah :

$$= \text{US \$ } 466 \times 25$$

$$= \text{US \$ } 11.650$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi dengan asumsi berat ikan yang berhasil ditangkap mencapai 6,75 ton tiap kali round trip dimana tiap kali setting diperoleh ikan sebanyak 870 kg. Maka jumlah ikan yang tertangkap

$$= 870 \text{ kg/25}$$



$$= 35 \text{ ekor}$$

Jadi jumlah ikan bandeng yang tersisa $= 1000 - 35 = 965$ ekor

Asumsi 20% mati, yang masih hidup $= 965 - 20\% \times 965 = 772$

Untuk setting kedua perlu penambahan bandeng $= 1000 - 772 = 228$

Jadi dalam dua setting diperlukan ikan sejumlah $= 1000 + 228 = 1228$ ekor

Berarti dalam satu trip diperlukan $= 3 \times 1228 + 1000 = 4684$ ekor

$$= 4684 \times 10/75 = 624 \text{ kg}$$

Berarti biaya umpan untuk satu kali round trip

$$= 624 \times \text{US \$ } 0,75$$

$$= \text{US \$ } 468$$

Jadi biaya satu tahun adalah :

$$= 30 \times \text{US \$ } 468$$

$$= \text{US \$ } 14.040$$

Dari hasil perhitungan biaya ekonomis di atas dapat dibuat rangkumannya untuk kapal berpendingin es dengan kapal berpendingin mekanis sebagai berikut :

	Kapal dengan pendingin es	Kapal pendingin mekanis
Biaya Investasi	\$210,000.00	\$231,000.00
Penghasilan kotor	\$340,000.00	\$510,000.00
Biaya Operasional, terdiri :		
⇒ biaya anak buah kapal	\$12,900.00	\$12,900.00
⇒ biaya pemeliharaan	\$1,740.00	\$1,740.00
⇒ biaya reparasi	\$2,689.00	\$2,689.00
⇒ biaya asuransi	\$17,260.00	\$17,260.00
⇒ biaya bahan bakar	\$28,005.40	\$31,625.80
⇒ biaya minyak pelumas	\$3,048.90	\$3,455.42
⇒ biaya air tawar	\$37.80	\$37.80



	Kapal dengan pendingin es	Kapal pendingin mekanis
⇒ biaya pembelian es	\$1,687.50	
⇒ biaya administrasi	\$65,278.00	\$65,278.00
⇒ biaya umpan	\$11,650.00	\$14,040.00
total biaya operasional	\$144,296.60	\$149,026.02

6.4. Perhitungan Nilai Ekonomis untuk Kapal 100 DWT

6.4.1. Perhitungan Berat Muatan

Perhitungan berat lainnya dihitung menurut perumusan Herald Pochls sebagai berikut :

1. Berat bahan bakar mesin induk

$$W_{fu} = P_{BME} \times b_{me} \times \frac{S}{V_d} \cdot 10^{-6} \times (1,5)$$

$$\begin{aligned} P_{BME} &= \text{daya mesin induk dalam kW} = (400 \text{ HP} \times 746 \text{ W}) \times 10^{-3} \\ &= 298,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$b_{me} = \text{koefisien pemakaian bahan bakar dalam g/kWh} = 209 \text{ g/kWh}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{jarak pelayaran dalam mil laut, direncanakan kapal beroperasi selama 20 hari dalam satu trip, bila diasumsikan kapal berjalan terus dengan kecepatan operasional, maka jarak operasional terjauh yang dapat dijangkau 4800 mil} \end{aligned}$$

$$V_d = \text{kecepatan dinas dalam knot} = 10 \text{ knot}$$

$$10^{-6} = \text{faktor pengali dari gram ke ton}$$

$$\begin{aligned} 1,5 &= \text{faktor cadangan, diambil dari harga terbesar dari 1,3 – 1,5} \\ &\text{faktor cadangan ini diperlukan untuk isi bahan bakar dalam tangki, keadaan laut, keadaan angin, waktu tunggu di pelabuhan.} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}W_{fo} &= 298,4 \times 209 \times \frac{4800}{10} \cdot 10^{-6} \times (1,5) \\&= 44,9 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Berat bahan bakar mesin bantu

Berat bahan bakar mesin bantu adalah 0,1 – 0,2 dari berat bahan bakar mesin induk, untuk kapal dengan refrigerasi mekanis konsumsi bahan bakar mesin bantu diasumsikan 200 % dari yang menggunakan es.

$$\begin{aligned}W_{do} \text{ (es)} &= 0,15 \times W_{fo} \text{ (ton)} \\&= 0,15 \times 44,9 \\&= 6,74 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{do} \text{ (mekanis)} &= 2 \times 0,15 \times W_{fo} \text{ (ton)} \\&= 2 \times 0,15 \times 44,9 \\&= 13,5 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Total bahan bakar yang dikonsumsi (es) = $44,9 + 6,74 = 51,64$ ton
- Total bahan bakar yang dikonsumsi (es) = $44,9 + 13,5 = 58,4$ ton

3. Berat minyak pelumas

Kebutuhan minyak pelumas untuk setiap pelayaran diambil 4% dari berat bahan bakar mesin induk dan mesin bantu, harga ini adalah maksimum dari ketentuan 2% - 4%.

$$\begin{aligned}W_{lo} \text{ (es)} &= 0,04 \times (W_{fo} + W_{do}) \\&= 0,04 \times (44,9 + 6,74) \\&= 2 \text{ ton}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}W_{lo} \text{ (es)} &= 0,04 \times (W_{fo} + W_{do}) \\&= 0,04 \times (44,9 + 13,5) \\&= 2,3 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Berat air tawar

Untuk mandi, cuci, dan minum dibutuhkan

$$W_{fw} = Z_o \times (P_{dw} \times P_{ww}) \times 10^{-3}$$

Dimana :

Z_o = jumlah anak buah kapal = 11 orang

P_{dw} = pemakaian air minum = 20 kg/orang/hari

P_{ww} = pemakaian untuk mandi dan cuci = 200 kg/orang/hari

$$\begin{aligned}W_{fw} &= 11 \times (20 + 200) \times 10^{-3} \\&= 2,42 \text{ ton}\end{aligned}$$

5. Berat air pendingin

Kebutuhan air pendingin mesin pendingin diambil 5 kg/HP, harga terbesar dari (2-5) kg/HP. Sehingga untuk mesin ini kebutuhan air pendingin adalah :

$$\begin{aligned}W_{cw} &= 5 \times 400 \times 10^{-3} \\&= 2 \text{ ton}\end{aligned}$$

6. Berat bahan makanan

$$W_p = Z_o \times \frac{S}{V_d \times 24} \times P_p \times 10^{-3}$$



dimana :

P_p = kebutuhan makan = 5 kg/orang /hari

$$\begin{aligned} W_p &= 11 \times \frac{4800}{10 \times 24} \times 5 \times 10^{-3} \\ &= 1,1 \text{ ton} \end{aligned}$$

7. Berat anak buah kapal beserta barang bawaannya

$$W_{a+b} = Z_a \times (P_a + P_b) \times 10^{-3}$$

Dimana :

P_a = berat anak buah kapal = 75 kg/orang

P_b = berat barang bawaan = 60 kg/orang

Maka:

$$\begin{aligned} W_{a+b} &= 11 \times (75 + 60) \times 10^{-3} \\ &= 1,48 \text{ ton} \end{aligned}$$

6.4.2. Perhitungan Waktu Operasi Kapal

Waktu operasi kapal dibedakan atas tiga komponen yaitu :

- waktu berlayar (t_{sea}) adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayari jarak antara tempat pendaratan ikan ke fishing ground lalu kembali ke tempat pendaratan ikan dengan kecepatan dinas. Jarak yang ditempuh diasumsikan adalah 4800 mil dengan kecepatan dinas kapal 10 knot, maka

$$\begin{aligned} t_{sea} &= S/V_d \\ &= 4800 / 10 \end{aligned}$$



= 480 jam

- b. waktu tunggu ($t_{waiting}$) adalah waktu yang dibutuhkan sebelum kapal merapat ke dermaga untuk bongkar muat. Untuk kapal ikan ini diharapkan tidak mengalami waktu tunggu mengingat kualitas kesegaran ikan tangkapan yang harus secepatnya ditangani setelah penangkapan.
- c. Waktu bongkar muat adalah waktu yang dibutuhkan untuk membongkar ikan hasil tangkapan dari kapal. Diestimasikan diperlukan satu hari (24 jam) untuk melakukan bongkar muat.

6.4.3. Biaya Investasi

Yang dimaksud dengan biaya investasi adalah jumlah biaya yang dibutuhkan untuk membangun atau membeli sebuah kapal. Harga sebuah kapal ikan tuna long liner 100 GT adalah US\$ 840.000,-

Untuk pembelian, pemasangan peralatan pendingin pada kapal dan modifikasi kapal diperlukan biaya tambahan sebesar US\$ 125.000,- sehingga untuk kapal yang telah dimodifikasi harganya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{harga kapal} + \text{biaya pemasangan peralatan} \\ &= \text{US\$ } 840.000 + \text{US\$ } 125.000 \\ &= \text{US\$ } 965.000,- \end{aligned}$$



6.4.4. Penghasilan Operasi

1. Jumlah Round Trip per Tahun

Waktu operasi kapal maksimum selama 1 tahun [Ship Design Economics, Ir. Setiji P, M.Sc] adalah 340 – 345 hari. Maka jumlah pelayaran maksimum pergi pulang selama satu tahun (round trip per tahun) adalah :

$$RTPA = \frac{\text{Hari operasi per tahun}}{\text{Hari operasi per round trip}} = \frac{340}{20} = 17$$

Akan tetapi untuk kapal ikan ini waktu pelayaran selama setahun direncanakan sebanyak 16 kali hari operasi per round trip (20 hari). Sehingga, jumlah waktu pelayaran selama setahun = $20 \times 16 = 320$ hari.

2. Kapasitas Muat per Tahun

Karena waktu trip yang relatif lama, maka jumlah perbandingan antara es yang dibawa dengan ikan yang nantinya akan ditangkap adalah 2 : 1, jadi jumlah muat maksimum ikan yang bisa diangkut setiap trip sebesar = 13,33 ton, dimana kapasitas muat ini untuk kapal ikan dengan pendingin es masih ditambah muatan es seberat = 26,67 ton, sehingga :

Kapasitas muat per tahun = round trip per tahun x jumlah muatan per trip

$$= 16 \times 13,3 \text{ ton}$$

$$= 212,84 \text{ ton}$$



3. Penghasilan Operasi per Tahun

Harga ikan tuna dibagi menurut seleksi mutu dari ikan untuk kualitas sashimi di Jepang dihargai sampai dengan US \$ 100 /kg, diperkirakan harga di lokasi penangkapan ikan US \$ 25 /kg, dikarenakan waktu simpan ikan yang cukup lama, karena trip yang memakan waktu lama diperkirakan perolehan ikan dengan mutu sashimi hanya sekitar 4 % dari hasil tangkapan (di ekspor oleh pihak kedua). Sedangkan ikan yang lain 70 % di jual sebagai ikan tuna segar bermutu bagus yang dihargai di lokasi pendaratan US \$ 2,5 /kg (di ekspor oleh pihak kedua). 26 % sisanya dijual dengan mutu menengah seharga US \$ 1,25 /kg (dijual untuk pasaran lokal).

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum

$$\begin{aligned} &= \text{Ikan tuna mutu sashimi} + \text{ikan tuna mutu baik} + \text{ikan tuna mutu menengah} \\ &= 13.300 \text{ kg} \times 4 \% \times \text{US \$ } 25 + 13.300 \text{ kg} \times 70 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 13.300 \\ &\quad \text{kg} \times 26 \% \times \text{US \$ } 1,25 \\ &= \text{US \$ } 40.898 \text{ (penghasilan kotor per round trip)} \end{aligned}$$

Total harga untuk satu tahun = 16 x US \$ 40.898

$$= \text{US \$ } 654.368 \text{ (penghasilan kotor per tahun)}$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi, karena ada pengurangan muatan berupa es sebesar 26,67 ton. Sehingga, total berat ikan yang bisa diangkut adalah 40 ton, agar ikan dapat di dinginkan dengan baik dan hasil ikan mutunya bagus, maka perbandingan antara ikan dengan air laut adalah 4 : 1. Sehingga ikan yang dapat 30000 kg.



Jadi estimasi total tuna yang dapat ditangkap sekali trip :

$$= 30000 \text{ kg}$$

Total harga untuk satu kali tangkapan untuk kapasitas maksimum

$$= \text{Ikan tuna mutu sashimi} + \text{ikan tuna mutu baik} + \text{ikan tuna mutu menengah}$$

$$= 30000 \text{ kg} \times 4 \% \times \text{US \$ } 25 + 30000 \text{ kg} \times 60 \% \times \text{US \$ } 2,5 + 30000 \text{ kg} \times 36 \% \times \text{US \$ } 1,25$$

$$= \text{US \$ } 88.500 \text{ (penghasilan kotor per round trip)}$$

Total harga untuk satu tahun = $16 \times \text{US \$ } 88.500$

$$= \text{US \$ } 1.416.000 \text{ (penghasilan kotor per tahun)}$$

6.4.5. Biaya Operasi

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan pengoperasian kapal. Termasuk didalamnya adalah biaya ABK, biaya pemeliharaan dan reparasi, biaya bahanbakar dsb.

1. Biaya Anak Buah Kapal

Merupakan elemen biaya tetap yaitu biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan bekerjanya manusia dalam sebuah kapal. Biaya ini meliputi biaya makan dan gaji.

Untuk 11 anak buah kapal adalah :

a. Biaya makan per orang per hari	= US \$ 5	
Biaya makan selama satu hari	= $11 \times \text{US \$ } 5$	= US \$ 55
Biaya makan selama satu bulan	= $30 \times \text{US \$ } 55$	= US \$ 1650,-



Biaya makan selama satu tahun = $12 \times \text{US } 1650,- = \text{US } 19800,-$

b. Gaji

Gaji tetap per bulan : (ditetapkan pada posisi US 1,- = Rp. 8000,-)

- Kapten : US 375

- Mualim : US 250

- Kepala kamar mesin : US 250

- ABK @ US 125 x 9 : US 1125

Total : US 2000/bulan

: US 24000/tahun

Jumlah total biaya akomodasi anak buah kapal per tahun

= (biaya makan + gaji)

= (US 19800 + US 24000)

= US 43800

2. Biaya Pemeliharaan dan Reparasi

Merupakan elemen biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan aspek-aspek keselamatan pelayaran pada umumnya dan keselamatan kapal pada khususnya. Hal ini berhubungan dengan dimensi laik laut yang dimiliki oleh sebuah kapal seperti konstruksi kapal, stabilitas kapal, lambung timbul, perlengkapan dan sebagainya.

Besar biaya ini dapat dihitung dengan rumus pendekatan dari Harry Benford (Ship Economics and Design)



Dibedakan atas biaya pemeliharaan dan reparasi tahun untuk :

a. $Hull = US \$ 10.000 (CN/1.000)^{2/3}$

dimana, $Cn = \text{cubic number} = L \times B \times D = 23,80 \text{ m} \times 5,90 \text{ m} \times 2,55 \text{ m}$
 $= 358,071 \text{ m}^3$

biaya satu tahun $= US \$ 10.000 \times (CN / 1000)^{2/3}$
 $= US \$ 10.000 \times (358,071 / 1.000)^{2/3}$
 $= US \$ 5040,77$

b. $\text{Permesinan} = US \$ 4.800 (SHP_N / 1.000)^{2/3}$ dimana

$SHP_N = \text{shaft horse Power atau max power} / 1,1$

$SHP_N = 400 / 1,1 = 363,636$

Biaya satu tahun

$= US \$ 4.800 \times (363,636 / 1.000)^{2/3}$
 $= US \$ 2444$

3. Biaya Asuransi

Merupakan biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan pada perusahaan asuransi dan dibayarkan dalam bentuk premi asuransi. Resiko tersebut umumnya dapat dibedakan atas kerugian akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh kecelakaan, gangguan, cuaca, kebakaran dan tenggelam.

Besar biaya asuransi ini menurut Harry Benford dibedakan atas :

a. $\text{Protection and indennity Insurance}$

$P \& I \text{ insurance} = US \$ 965 (Nc)$



Dimana N_c = jumlah anak buah kapal = 11 orang

$$\begin{aligned}\text{Biaya tahunan P \& I insurance} &= \text{US \$ } 965 \times (11) \\ &= \text{US \$ } 10615/\text{tahun}\end{aligned}$$

c. Hull and Machinery Insurance

$$\begin{aligned}\text{H \& M Insurance} &= \text{US \$ } 10.000 + 0,7\% P \\ &= \text{US \$ } 15.880/\text{per tahun}\end{aligned}$$

4. Biaya Bahan Bakar

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan sehubungan dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan selama pengoperasian kapal. Biaya ini tergantung pada ukuran dan tipe mesin penggerak serta dipengaruhi oleh lama waktu pelayaran (sailing days). Biaya ini juga meliputi kebutuhan pemakian mesin bantu selama waktu tambat (port days) dan juga memenuhi kebutuhan penerangan, pompa, pendingin dan lain-lain.

Biaya bahan bakar diperoleh dari rumusan Herald Pohls (Lecture on Ship Design and Ship Theory).

a. bahan bakar mesin induk

Kebutuhan bahan bakar mesin induk untuk tiap hasil perhitungan sebelumnya.

- Untuk kapal berpendingin es 51,64 ton per round trip, dan jumlah pelayaran 16 round trip per tahun, maka :

$$\text{Kebutuhan selama satu tahun } 16 \times 51,64 = 826,24 \text{ ton}$$

$$\text{Berat jenis minyak diesel DO} = 0,87 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume 1 ton} = (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ l/m}^3$$



$$= 1.149,42 \text{ /}$$

$$\text{harga minyak diesel} = \text{US \$ } 0,075$$

$$\text{harga 1 ton} = 1.149,42 \text{ /} \times \text{US \$ } 0,075$$

$$= \text{US \$ } 86,2$$

Biaya bahan bakar mesin induk selama 1 tahun adalah :

$$= 826,24 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2$$

$$= \text{US \$ } 71.222$$

- Untuk kapal berpendingin mekanis 58,4 ton.per round trip, dan jumlah pelayaran 16 round trip per tahun, maka :

$$\text{Kebutuhan selama satu tahun } 16 \times 58,4 = 934,4 \text{ ton}$$

$$\text{Berat jenis minyak diesel DO} = 0,87 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volume 1 ton} = (1 \text{ ton}) / (0,87 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ /m}^3$$

$$= 1.149,42 \text{ /}$$

$$\text{harga minyak diesel} = \text{US \$ } 0,075$$

$$\text{harga 1 ton} = 1.149,42 \text{ /} \times \text{US \$ } 0,075$$

$$= \text{US \$ } 86,2$$

Biaya bahan bakar mesin induk selama 1 tahun adalah :

$$= 934,4 \text{ ton} \times \text{US \$ } 86,2$$

$$= \text{US \$ } 77.181$$



5. Biaya Minyak Pelumas

- Untuk kapal berpendingin es

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 2 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 2 \text{ ton} \times 2 + 2 \text{ ton} \times 5 \% \times 14 \\ &= 5,4 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1,000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

harga selama 1 tahun :

$$\begin{aligned}&= \text{US \$ } 2032,6 \times 5,4 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 10.976\end{aligned}$$

- Untuk kapal berpendingin mekanis

Total kebutuhan minyak pelumas per round trip dari hasil perhitungan sebelumnya adalah 2,3 ton. Minyak pelumas bisa dipakai lagi untuk round trip berikutnya dengan penambahan minyak pelumas 5 % dari kapasitas yang diperlukan, minyak pelumas diganti baru total setiap 6 bulan.



$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemakaian selama 1 tahun} &= 2,3 \text{ ton} \times 2 + 2,3 \text{ ton} \times 5 \% \times 14 \\ &= 6,21 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{berat jenis minyak pelumas} = 0,92 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 ton} &= (1 \text{ ton} / 0,92 \text{ ton/m}^3) \times 1.000 \text{ liter/m}^3 \\ &= 1.086,96 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{harga minyak pelumas Mesran 40} = \text{US \$ } 1,87$$

$$\begin{aligned}\text{harga 1 ton} &= \text{US \$ } 1,87 \times 1.086,96 \text{ liter} \\ &= \text{US \$ } 2032,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{harga selama 1 tahun :} \\ &= \text{US \$ } 2032,6 \times 6,21 \text{ ton} \\ &= \text{US \$ } 12.622\end{aligned}$$

6. Biaya Air Tawar

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan air tawar untuk minum, masak dan mandi setiap round trip = 2,42 ton. Sedangkan air tawar untuk pendingin mesin per round trip = 5 ton. Sehingga total kebutuhan air tawar per round trip adalah $(5 + 1,2) = 6,2 \text{ ton}$. Maka untuk 16 kali round trip selama setahun diperlukan $= 16 \times 6,2 = 99,2 \text{ ton}$.

$$\text{Harga } 1 \text{ m}^3 \text{ air} = \text{US \$ } 0,5$$

Biaya air tawar selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned}&= 99,2 \text{ ton} \times 1 \text{ m}^3/\text{ton} \times \text{US \$ } 0,5/\text{m}^3 \\ &= \text{US \$ } 49,6\end{aligned}$$



7. *Biaya Pengadaan Media Pendingin*

Untuk kapal dengan pendingin es, setiap kali pelayaran memerlukan 26,7 ton es. Sehingga, untuk 1 tahun perlu es sebanyak = $26,7 \text{ ton} \times 16 \text{ round trip} = 427,2 \text{ ton}$.

Harga 1 ton es = US \$ 12,5

Harga total es selama satu tahun = $427,2 \times \text{US \$ } 12,5 = \text{US \$ } 5340$

Untuk kapal dengan sistem pendingin mekanis hampir tidak memerlukan tambahan biaya untuk memperbaharui refrigeran yang digunakan. Biaya pembelian refrigeran sudah termasuk dalam harga peralatan pendingin.

8. *Biaya Administrasi dan lain-lain*

Merupakan biaya yang harus disediakan untuk kegiatan administrasi, telepon dan telegraph, transportasi anak buah kapal, laundry dan biaya tak terduga lainnya.

Jumlah biaya ini menurut Harry Benford selama 1 tahun diperkirakan :
= $\text{US \$ } 65.000 + C (\text{CN})$

dimana $C = \text{US \$ } 2$ dan $\text{CN} = \text{cubic number} = 350 \text{ m}^3$
= $65.000 + 2 \times 350$
= $\text{US \$ } 65.700$



9. Biaya Umpan

Umpan yang digunakan untuk menangkap tuna adalah ikan bandeng (untuk 10 kg bandeng berjumlah lebih kurang 75 ekor), dimana untuk setiap setting (pemancingan) dibutuhkan kurang lebih 1000 ekor ikan. Untuk memperoleh hasil tangkapan maksimal yaitu 13,3 ton ikan (berat rata-rata satu ekor tuna yang ditangkap 25 kg) maka setiap kali round trip dilakukan 16 pemancingan. Dari data ini diperkirakan pada setiap setting akan diperoleh ikan sebanyak :

$$\begin{aligned} \text{- hasil tiap setting} &= 13300 / 16 \\ &= 831 \text{ kg} \\ \text{- jumlah yg termakan} &= 831 / 25 \text{ kg/ekor} \\ &= 34 \text{ ekor} \end{aligned}$$

Ditentukan pada kondisi yang sempurna dimana tidak ada ikan yang lepas. Ikan bandeng adalah ikan yang kuat, artinya umpan yang tidak termakan masih dapat digunakan untuk satu kali setting pada operasi berikutnya. Dengan kondisi bahwa ikan yang rusak adalah 20 % dari yang tidak termakan maka :

$$\begin{aligned} \text{- sisa} &= 1.000 - 34 \\ &= 966 \text{ ekor} \\ \text{- rusak} &= 20\% \times 966 \\ &= 193 \text{ ekor} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka ikan yang masih dapat dipakai ulang adalah} &= 966 - 193 \\ &= 773 \text{ ekor} \end{aligned}$$



Maka untuk hari berikutnya hanya diperlukan tambahan ikan baru sejumlah :

$$\text{Ikan baru} = 1.000 - 773 = 227 \text{ ekor}$$

Berarti dalam dua kali setting rata-rata diperlukan:

$$= 1.000 - 227 = 1.227 \text{ ekor}$$

$$\text{Satu kali round trip} = 8 \times 1.227 = 9816 \text{ ekor}$$

$$\text{Atau} = 9816 / 75 \times 10 \text{ kg} = 1308,8 \text{ kg}$$

Berarti biaya untuk umpan satu kali round trip

$$= 1308,8 \times \text{US \$ } 0,75$$

$$= \text{US \$ } 981,6$$

Jadi biaya untuk satu tahun adalah :

$$= \text{US \$ } 981,6 \times 16$$

$$= \text{US \$ } 15.705,6$$

Untuk kapal yang telah dimodifikasi dengan asumsi berat ikan yang berhasil ditangkap mencapai 30000 ton tiap kali round trip, setting direncanakan 16 kali dimana tiap kali setting diperoleh ikan sebanyak 1875 kg. Maka jumlah ikan yang tertangkap

$$= 1875 \text{ kg/25}$$

$$= 75 \text{ ekor}$$

$$\text{Jadi jumlah ikan bandeng yang tersisa} = 1000 - 75 = 925 \text{ ekor}$$

$$\text{Asumsi 20\% mati, yang masih hidup} = 925 - 20\% \times 925 = 740$$

$$\text{Untuk setting kedua perlu penambahan bandeng} = 1000 - 740 = 260$$

$$\text{Jadi dalam dua setting diperlukan ikan sejumlah} = 1000 - 260 = 1260 \text{ ekor}$$



Berarti dalam satu trip diperlukan $= 8 \times 1260 = 10.080$ ekor

Atau $= 10.080 \text{ ekor} / 75 \times 10 \text{ kg} = 1344 \text{ kg}$

Berarti biaya untuk umpan satu kali round trip

$= 1344 \times \text{US \$ } 0,75$

$= \text{US \$ } 1008$

Jadi biaya untuk satu tahun adalah :

$= \text{US \$ } 1008 \times 16$

$= \text{US \$ } 16.128$

Dari hasil perhitungan biaya ekonomis di atas dapat dibuat rangkumannya untuk kapal berpendingin es dengan kapal berpendingin mekanis sebagai berikut :

	Kapal dengan pendingin es	Kapal pendingin mekanis
Biaya Investasi	\$652,000.00	\$717,200.00
Penghasilan kotor	\$428,925.00	\$849,656.25
Biaya Operasional, terdiri :		
⇒ biaya anak buah kapal	\$21,150.00	\$21,150.00
⇒ biaya pemeliharaan	\$1,740.00	\$1,740.00
⇒ biaya reparasi	\$3,550.00	\$3,550.00
⇒ biaya asuransi	\$22,137.00	\$22,137.00
⇒ biaya bahan bakar	\$36,579.80	\$42,705.16
⇒ biaya minyak pelumas	\$5,213.62	\$6,077.50
⇒ biaya air tawar	\$34.39	\$34.39
⇒ biaya pembelian es	\$1,781.25	
⇒ biaya administrasi	\$65,423.00	\$65,423.00
⇒ biaya umpan	\$13,537.50	\$27,930.00
total biaya operasional	\$171,146.56	\$190,747.05



Berarti dalam satu trip diperlukan $= 8 \times 1260 = 10.080$ ekor

Atau $= 10.080 \text{ ekor} / 75 \times 10 \text{ kg} = 1344 \text{ kg}$

Berarti biaya untuk umpan satu kali round trip

$= 1344 \times \text{US \$ } 0,75$

$= \text{US \$ } 1008$

Jadi biaya untuk satu tahun adalah :

$= \text{US \$ } 1008 \times 16$

$= \text{US \$ } 16.128$

Dari hasil perhitungan biaya ekonomis di atas dapat dibuat rangkumannya untuk kapal berpendingin es dengan kapal berpendingin mekanis sebagai berikut :

	Kapal dengan pendingin es	Kapal pendingin mekanis
Biaya Investasi	\$840,000.00	\$965,000.00
Penghasilan kotor	\$654,368.00	\$1,476,000.00
Biaya Operasional, terdiri :		
↳ biaya anak buah kapal	\$43,800.00	\$43,800.00
↳ biaya pemeliharaan	\$5,040.00	\$5,040.00
↳ biaya reparasi	\$2,444.00	\$2,444.00
↳ biaya asuransi	\$26,495.00	\$26,495.00
↳ biaya bahan bakar	\$71,222.00	\$77,181.00
↳ biaya minyak pelumas	\$10,976.00	\$12,622.00
↳ biaya air tawar	\$49.60	\$49.60
↳ biaya pembelian es	\$5,340.00	
↳ biaya administrasi	\$65,700.00	\$65,700.00
↳ biaya umpan	\$15,705.60	\$16,128.00
total biaya operasional	\$246,772.20	\$249,459.60



6.5. Analisa NPV dan B/C

Analisa ekonomi yang dilakukan adalah dengan melakukan analisa terhadap net present value (nilai saldo waktu sekarang) dan benefit-cost ratio (rasio keuntungan - biaya)

Di rencanakan kapal dapat beroperasi selama 15 tahun, dan setelah beroperasi selama 15 tahun tersebut kapal dijual dengan harga 10 % dari harga pembelian pada akhir tahun ke 15.

Dalam analisa NPV maupun B/C, suatu proyek dikatakan layak apabila nilai dari NPV maupun B/C lebih dari satu.

6.5.1. Analisa NPV dan B/C terhadap Kapal 30 GT

Analisa NPV terhadap Kapal 30 GT berpendingin es dapat dilihat pada tabel berikut :

KAPAL 30 GT DENGAN PENDINGINAN ES

TH	BENEFIT	COST	B-C	DISC RATE(10%)	PV
0	\$0.00	\$210.000.00	-\$210.000.00	10%	-\$210.000.00
1	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$177.912.18
2	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$161.738.35
3	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$147.034.86
4	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$133.668.66
5	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$121.516.41
6	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$110.469.47
7	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$100.426.79
8	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$91.297.08
9	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$82.997.35
10	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$75.452.13
11	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$68.592.85
12	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$62.357.13
13	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$56.688.30
14	\$340.000.00	\$144.296.60	\$195.703.40	10%	\$51.534.82
15	\$361.000.00	\$144.296.60	\$216.703.40	10%	\$51.877.07
			NPV		\$1.283.562.83

Tabel 6.4 Analisa NPV Kapal 30 GT berpendingin es



Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 30 GT berpendingin es adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana NPV(B-C) = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

$$C_0 = \text{Biaya pembelian kapal/investasi}$$

Jadi :

$$B/C = \frac{1.493.562}{210000} = 7,11$$

Untuk kapal 30 GT dengan pendinginan RSW, analisa NPV dapat dilihat pada tabel berikut :

KAPAL 30 GT DENGAN PENDINGINAN RSW

TH	BENEFIT	COST	B-C	i	PV
0	\$0.00	\$231.000.00	-\$231.000.00	10%	-\$231.000.00
1	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$328.158.16
2	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$298.325.60
3	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$271.205.09
4	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$246.550.09
5	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$224.136.44
6	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$203.760.40
7	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$185.236.73
8	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$168.397.03
9	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$153.088.21
10	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$139.171.10
11	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$126.519.18
12	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$115.017.43
13	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$104.561.30
14	\$510.000.00	\$149.026.02	\$360.973.98	10%	\$95.055.73
15	\$533.100.00	\$149.026.02	\$384.073.98	10%	\$91.944.26
NPV					\$2.520.126.75

Tabel 6.5. Analisa NPV terhadap Kapal 30 GT berpendingin RSW



Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 30 GT berpendingin RSW adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana NPV(B-C) = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

C_0 = Biaya pembelian kapal/investasi

Jadi :

$$B/C = \frac{2.751.126}{231.000} = 11,9$$

6.5.2. Analisa NPV dan B/C terhadap Kapal 60 GT

Analisa terhadap kapal 60 GT Berpendingin RSW dapat dilihat pada tabel berikut

Kapal 60 GT Berpendingin RSW					2024
t	Biaya	Keuntungan	Saldo	Diskont	NPV
0	\$0	\$0	\$0	100%	\$0
1	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$257.778,44
2	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$213.040,03
3	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$193.672,76
4	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$176.066,14
5	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$160.060,13
6	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$145.509,71
7	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$132.281,10
8	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$120.255,54
9	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$109.373,22
10	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$99.584,75
11	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$90.840,77
12	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$82.136,16
13	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$74.669,23
14	\$428.925,00	\$171.146,56	\$257.778,44	100%	\$67.881,12
15	\$494.125,00	\$171.146,56	\$322.978,44	100%	\$77.518,47
NPV					\$1.324.201,67

Tabel 6.6 Analisa NPV Kapal 60 GT berpendingin es



6.5.2. Analisa NPV dan B/C terhadap Kapal 60 GT

Analisa terhadap kapal 60 GT Berpendingin RSW dapat dilihat pada tabel berikut

TH	BENEFIT	COST	B-C	i (10%)	PV
0	\$0.00	\$652,000.00	-\$652,000.00	10%	-\$652,000.00
1	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$234,344.04
2	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$213,040.03
3	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$193,672.76
4	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$176,066.14
5	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$160,060.13
6	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$145,509.21
7	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$132,281.10
8	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$120,255.54
9	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$109,323.22
10	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$99,384.75
11	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$90,349.77
12	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$82,136.16
13	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$74,669.23
14	\$428,925.00	\$171,146.56	\$257,778.44	10%	\$67,881.12
15	\$494,125.00	\$171,146.56	\$322,978.44	10%	\$77,318.47
				NPV	\$1,324,291.67

Tabel 6.6 Analisa NPV Kapal 60 GT berpendingin es

Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 60 GT berpendingin es adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana NPV(B-C) = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

C_0 = Biaya pembelian kapal/investasi

Jadi :

$$B/C = \frac{1.976.291}{652.000} = 3,03$$



Untuk kapal 60 GT dengan pendinginan RSW, analisa NPV dapat dilihat pada tabel berikut :

TH	BENEFIT	COST	B-C	i	PI
0	\$0,00	\$717,200.00	-\$717,200.00	10%	-\$717,200.00
1	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$599,008.36
2	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$544,553.06
3	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$495,048.23
4	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$450,043.85
5	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$409,130.77
6	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$371,937.07
7	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$338,124.61
8	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$307,386.00
9	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$279,441.82
10	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$254,038.02
11	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$230,943.65
12	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$209,948.78
13	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$190,862.52
14	\$849,656.25	\$190,747.05	\$658,909.20	10%	\$173,511.39
15	\$921,376.25	\$190,747.05	\$730,629.20	10%	\$174,906.82
NPV					\$4,311,684.96

Tabel 6.7. Analisa NPV terhadap Kapal 60 GT berpendingin RSW

Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 60 GT berpendingin RSW adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana NPV(B-C) = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

$$C_0 = \text{Biaya pembelian kapal/investasi}$$

$$B/C = \frac{5.028.884}{717.200} = 7,01$$



6.5.3. Analisa NPV dan B/C terhadap Kapal 100 GT

Analisa NPV terhadap Kapal 100 GT berpendingin es dapat dilihat pada tabel berikut :

TH	BENEFIT	COST	B-C	i	PV
0	\$0.00	\$840,000.00	-\$840,000.00	10%	-\$840,000.00
1	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$370,541.64
2	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$336,856.03
3	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$306,232.76
4	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$278,393.42
5	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$253,084.92
6	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$230,077.20
7	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$209,161.09
8	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$190,146.45
9	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$172,860.41
10	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$157,145.83
11	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$142,859.84
12	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$129,872.58
13	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$118,065.98
14	\$654,368.00	\$246,772.20	\$407,595.80	10%	\$107,332.71
15	\$738,368.00	\$246,772.20	\$491,595.80	10%	\$117,684.13
				NPV	\$2,280,314.99

Tabel 6.8 Analisa NPV Kapal 100 GT berpendingin es

Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 100 GT berpendingin es adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana $NPV(B-C)$ = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

C_0 = Biaya pembelian kapal/investasi

Jadi :

$$B/C = \frac{3.120.314}{840.000} = 3,7$$



Untuk kapal 100 GT dengan pendinginan RSW, analisa NPV dapat dilihat pada tabel berikut :

TH	BENEFIT	COST	B-C	i	PV
0	\$0.00	\$965,000.00	-\$965,000.00	10%	-\$965,000.00
1	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$1,115,036.73
2	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$1,013,669.75
3	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$921,517.96
4	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$837,743.60
5	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$761,585.09
6	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$692,350.08
7	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$629,409.16
8	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$572,190.15
9	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$520,172.86
10	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$472,884.42
11	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$429,894.93
12	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$390,813.57
13	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$355,285.06
14	\$1,476,000.00	\$249,459.60	\$1,226,540.40	10%	\$322,986.42
15	\$1,572,500.00	\$249,459.60	\$1,323,040.40	10%	\$316,725.35
				NPV	\$8,387,265.13

Tabel 6.9. Analisa NPV terhadap Kapal 100 GT berpendingin RSW

Analisa rasio keuntungan-biaya untuk kapal 30 GT berpendingin RSW adalah :

$$B/C = NPV (B-C)/C_0$$

Dimana NPV(B-C) = nilai sekarang dari saldo keuntungan - biaya (selain nilai investasi awal/pembelian kapal)

C_0 = Biaya pembelian kapal/investasi

Jadi :

$$B/C = \frac{9.352.265}{965.000} = 9,7$$



BAB VII

KESIMPULAN

Dari paparan, perhitungan dan analisa yang telah di kemukakan pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan :

1. Habitat dari ikan tuna dewasa yang menjadi tujuan/sasaran kita karena nilai ekonomis mereka yang tinggi berada di laut dalam, sehingga akan lebih baik bila kita menggunakan jenis kapal yang lebih besar dan lebih lengkap (peralatan dan refrigerasi) dari yang sekarang ada di Pondok Dadap, Malang Selatan. Karena selama ini kapal-kapal nelayan di Pondok Dadap hanya mampu mencari ikan di perairan dangkal (dekat dengan pantai) maka yang banyak ditangkap adalah jenis baby tuna (ikan tuna kecil), yang secara ekonomis bernilai lebih rendah.
2. Ikan tuna bergerak dalam rombongan, Rombongan Ikan tuna dewasa cenderung berada di kedalaman ; Ikan tuna yang ditangkap dengan jaring cenderung mempunyai kualitas yang lebih buruk, hal ini disebabkan karena kontraksi otot yang berlebihan karena berontak pada saat ditangkap dengan menggunakan jaring; Konstraksi ini menyebabkan ikan mengeluarkan enzim yang akan mempercepat terjadinya pembusukan ikan tuna. Sehingga



ditetapkan alat tangkap yang digunakan adalah dengan menggunakan metode long liner.

3. Ikan tuna cenderung untuk terus bergerak; hingga kesulitan untuk dipancing, apabila terdapat obyek terapung, ikan tuna cenderung untuk melambatkan geraknya dan mengitari obyek tersebut; oleh sebab itu perlu dipikirkan untuk memasang FAD (Fish Agregation Device) /Bagan Apung, pada daerah-daerah tertentu sehingga akan mudah ditentukan daerah fishing ground dari kapal.
4. Sistem pendingin mekanis yang di pilih adalah dengan menggunakan metode RSW (Refrigerated Sea Water) karena dengan metode ini mempunyai keuntungan :
 - a. Daya awet ikan lebih lama.
 - b. Ikan lebih kecil mengalami tekanan karena berat dari es yang berada diatasnya.
 - c. Laju pendinginan berlangsung lebih cepat, karena seluruh permukaan ikan bersentuhan dengan medium pendingin.
 - d. Penanganan sejumlah besar ikan dapat berlangsung cepat dan mudah.
 - e. Oksidasi dan ketengikan ikan gemuk (berlemak) dapat dicegah kalau udara dikeluarkan dari sistem sirkulasi.



- f. Kapasitas ruang muat yang dapat digunakan bila pendinginan es diganti dengan pendinginan RSW akan terdapat kapasitas ruang muat tambahan yang relatif besar.
5. Kapal dengan GT yang lebih besar agar dapat memenuhi fish holdnya memerlukan fishing trip time yang lebih lama (juga ditunjang oleh refrigerasi yang memadai), sehingga trip yang dilakukan setiap tahunnya lebih sedikit daripada kapal yang mempunyai GT lebih rendah. Dan dengan sendirinya biaya operasional (biaya umpan) lebih rendah dibandingkan dengan kapal yang mempunyai GT lebih rendah.
6. Bila ditinjau keuntungan setelah operasi selama 15 tahun, kapal tuna long liner 90 GT dengan pendinginan RSW mempunyai nilai keuntungan yang terbesar, namun bila di tinjau dari B/C ratio, kapal tuna long liner 30 GT dengan pendinginan RSW mempunyai nilai perbandingan B/C ratio yang paling besar, hal ini disebabkan initial cost/investasi dari kapal tuna long liner 30 GT relatif jauh lebih kecil, sehingga saat di perbandingan dengan keuntungan yang didapat akan menghasilkan nilai rasio yang lebih besar.
7. Sehingga apabila yang dijadikan pedoman adalah rasio biaya keuntungan terhadap biaya; kapal 30 GT dengan Refrigerated Sea Water adalah pilihan yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE handbook and Product Directory, Guide And Data Book, *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.* New York, 1977
2. Arismunandar, W , Saito Heizo, *Pennyvegaran Udara*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1986
3. Althouse, Andrew D, *Modern Refrigeration and Conditioning*, The Gooheart-Wilcox CO, Inc. USA, 1968
4. Sparks, Norman, R , *Mechanical Refrigeration*, McGraw-Hill Book Company, New York , 1959
5. Regenstein, Joe M. and Regenstein, Carrie E, *Introduction to Fish Technology*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1991
6. Ilyas Sofyan, *Refrigerasi Hasil Perikanan*, Teknik Pendinginan Ikan, Jakarta, 1983

7. Dossat, Roy j, *Principles of Refrigeration*, Willey & Sons International Edition London, 1998
8. Henry Malcom Steiner, *Engineering Economic Principles*, Second Edition, McGraw-Hill Company , New York ,1990
9. Wilbert F Stoecker, Jerold W Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta, 1996
10. J.H, *Refrigeration on Fishing Vessel*, London , 1969
11. H.H Huss, *Quality and Quality Changes in Fresh Fish*, FAO Fisheries Technical Paper 348, Denmark,1995
12. Komisi Nasional Pengkajian Stok Sumber Daya ikan Laut, *Potensi & Penyebaran Sumber Daya Ikan Laut di Perairan Indonesia*, 1998
13. Stequert and Marsac, *Tropical Tuna Surface Fisheries in The Indian Ocean*, FAO Fisheries Technical Paper 282, Rome, 1989
14. R. Moeljanto, *Pendinginan dan Pembekuan Ikan*, Pencbar Swadaya,1982
15. J.D. Ardill, *Tuna Fisheries in The South West Indian Ocean*, FAO Fisheries Technical Paper , London, 1984